# أضواء على
# الكيمياء

للسادس العلمي
الفصل الاول

# الثرموداينمك



اعداد الاستاذ
احمد النداوي

خاص لرحلة التفوق في السادس

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

انطلاقا من قول المصطفى (ص): ((زكاة العلم نشرهُ و تعليمهُ))

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بين ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السادس الأعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير.

إذ أن شبكتنا لاتقتصر عاى نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشر الدروس المرئية المجانية لأكفأ التدريسيين بالأضافة الى مجموعة قنواتنا التدريسية وكذلك الأرشادات والنصائح وطرق الدراسة الصحيحة هذا من جهة. أما من جهة أخرى فهو كسر لشوكة بعض المحسوبين على الكادر التدريسي ممن يرفضون نشر ملازمهم والتعاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

علماً ان كادر الشبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشباب العراقي الواعي المثقف بالأضافة الى تعاون بعض المدرسين الكرام كما واننا غير تابعين لأي جهة كانت رسمية او غير رسمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت آملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

كادر شبكة رحلة التفوق في السادس

٢٠١٥/٨/٢١

ا.د : اشرف الوائلي

ا.د : مينا الاحمد

# الفصل الأول

## Thermodynamics الثرموداينمك

**الثرموداينمك :** هو العلم الذي يهتم بدراسة الطاقة وتحولاتها ويهدف إلى تحويل أكبر قدر ممكن من الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود إلى أنواع أخرى من الطاقات مثل الطاقة الميكانيكية للاستفادة منها في عمل المحركات.

**علم الثرموداينمك يفسر ظواهر عديدة منها :**

١- سبب حدوث التفاعلات الكيميائية.

٢- التنبؤ بحدوث التغيرات الكيميائية والفيزيائية عندما توجد مادة أو أكثر تحت شروط معينة.

٣- حدوث بعض التفاعلات وأخرى لا تحدث أبداً بشكل تلقائي عند نفس الظروف.

٤- سبب حدوث الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية سواء في التفاعلات نفسها أو في الوسط المحيط بها.

**(ملاحظة)*** (علل) علم الثرموداينمك لا يهتم بعامل زمن حدوث التفاعل أو سرعة حدوث هذا التفاعل لأن هذا من اهتمام علم الحركيات.

* يمكن تقسيم الطاقة بشكل عام إلى قسمين رئيسيين هما :

أ - **الطاقة الكامنة :** تمثل الطاقة المخزونة في جميع أنواع الوقود والمواد.

ب - **الطاقة الحركية :** وتشمل طاقة جميع الأجسام المتحركة كالماء والسيارات.

- يمكن تحويل الطاقة الكامنة في الماء إلى طاقة حركية إذا تم حركة الماء من أعلى الشلال إلى أسفله لأن الطاقة الناتجة يمكن أن تدور المحرك لتوليد الطاقة الكهربائية.

**القانون الأول** في علم الثرموداينمك هو :

((الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل إلى آخر)).

**وحدات الطاقة :** إن وحدة الطاقة هي الجول (Joule) ورمزه J حيث كل :

1(J) = 1Kg. —

Kg = كيلو غرام ، m = متر ، s = ثانية

* إن العلاقة الرياضية التي تربط الطاقة الحركية والكتلة هي :

–

مربع السرعة $(\frac{m}{s})$ الكتلة (Kg) الطاقة الحركية

**<u>الجـول</u> (J)** : الطاقة الحركية التي يمتلكها الجسم والذي كتلتهُ 2Kg عند حركته مسافة (1m) خلال ثانية واحدة.

$$KE = - \times 2\,Kg \times (—)^2 = 1Kg.\,m^2/s^2 = 1\,J$$

* وحدة درجة الحرارة المستخدمة في الثرموداينمك هي الكلفن (K).

T (k) = t (c) ° + 273

## ((<u>بعض المصطلحات الثرموداينميكية</u>))

**<u>النظـام</u> :** عبارة عن جزء معين من الكون نهتم بدراسته يتكون من المادة أو المواد المشتركة في حدوث تغيرات فيزيائية وكيميائية محدودة بحدود معينة قد تكون حقيقية أو تخيلية.

**<u>المحيـط</u>** : يمثل ما تبقى خارج حدود النظام.

**<u>الكون (المجموعة)</u> :** وتمثل مجموع النظام والمحيط.




المجموعة= النظام + المحيط

**<u>خواص النظام</u> :** تمثل المتغيرات الفيزيائية للنظام والتي من الممكن ملاحظتها أو قياسها مثل عدد مولات(n) المواد الموجودة في النظام والحالة الفيزيائية للمواد مثل الحجم (v) والضغط (P) ودرجة الحرارة (t).

## أنـواع النظام : ((حسب علاقته بالمحيط))

٢٠١٣ تمهيدي — ٢٠١٣ د١ — ٢٠١٤ د٣ فراغ و٢٠١٥ د٢

### النظام المفتوح

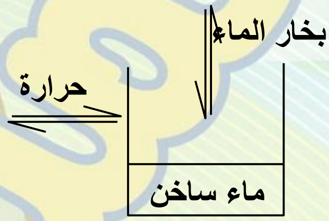
هو النظام الذي فيه حدود النظام تسمح بتبادل مادة النظام وطاقته مع المحيط.

### النظام المغلق

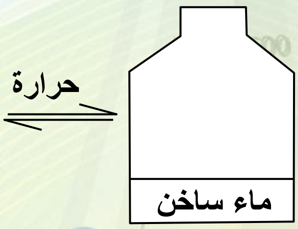
هو النظام الذي فيه حدود النظام تسمح بتبادل الطاقة فقط ولا تسمح بتغيير كمية مادة النظام.

### النظام المعزول

هو النظام الذي فيه حدود النظام لا تسمح بتبادل الطاقة والمادة مع المحيط أي أن النظام لا يتأثر أبداً بالمحيط.



نظام مفتوح
تبادل مادة وطاقة



نظام مغلق
تبادل طاقة فقط



نظام معزول
لا تبادل مادة ولا طاقة

**الحـــرارة Heat** : تمثل أحد أشكال الطاقة ويرمز لها بالحرف (q) وهي انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين مختلفة درجة حرارتهما.

**درجة الحـــرارة** : هي مقياس للطاقة الحرارية ويرمز لها بالحرف T.

* يرمز للتغير في درجة الحرارة بـ ($\Delta T$)

$$\Delta T = T_f - T_i$$

حيث ( $T_f$) درجة الحرارة النهائية حيث ( f) تعني final وتعني نهائي.

($T_i$) درجة الحرارة الابتدائية حيث (i) تعني initial وتعني ابتدائي.

*تتناسب الحرارة المفقودة أو المكتسبة لجسم ما طردياً مع التغيير في درجات الحرارة

$q \propto \Delta T$ ........... (1)

ويمكن تحويل التناسب إلى مساواة بضرب $\Delta T$ بثابت يدعى **السعة الحرارية**

$q = C . \Delta T$ ........... (2)

وزاري 2015 تمهيدي

**السعة الحرارية** (C) : تمثل كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جسم كتلته مقاسه بالغرام درجة سليليزية واحدة وحدة السعة الحرارية ($J/c^\circ$).

**الحرارة النوعية** : تمثل كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة غرام واحد من أية مادة درجة سليليزية واحدة ويرمز لها بالحرف ($\varsigma$) ووحدتها J/g.c

ملاحظة: ($\varsigma$) باللاتيني تسمى زيتا

٢٠١٤ د١

$$C = \varsigma \times m \;............\; (3)$$

وبتعويض 3 في 2

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T$$

q = كمية الحرارة

m = (g) الكتلة

$\varsigma$ = الحرارة النوعية

$\Delta T$ = التغير في درجة الحرارة

**ملاحظة :** **J** ⟵ **1000** ⟶ **KJ**

نضرب في 1000 (× 1000) من KJ إلى J

نقسم على 1000 (÷ 1000) من J إلى KJ

٢٠١٣ تمهيدي

**مثال (1 – 1)** : ما مقدار الحرارة بالكيلو جول والناتجة من تسخين قطعة من الحديد كتلتها (870 g) من 5c° إلى 95 c° علماً أن الحرارة النوعية للحديد 0.45j/g.c°.

الحـل :

$\Delta T = Tf - Ti \quad \Rightarrow \quad \Delta T = 95 - 5 \quad \Rightarrow \quad \Delta T = 90c°$

$q = \varsigma \times m \times \Delta T$

$q = 0.45 \times 870 \times 90$

$q = 35235\ J \quad \Rightarrow \quad q = \frac{35235}{1000} = 35.235\ KJ$

٢٠١٣ خاج القطر

**تمرين (1 – 1)** : تغيرت درجة حرارة قطعة من المغنيسيوم كتلتها 10g من 25c° إلى 45c° مع اكتساب حرارة مقدارها 205J. أحسب الحرارة النوعية لقطعة المغنيسيوم.

الحـل :

$\Delta T = Tf - Ti \quad \Rightarrow \quad \Delta T = 45 - 25 \quad \Rightarrow \quad \Delta T = 20c°$

$q = \varsigma \times m \times \Delta T \quad \Rightarrow \quad 205 = \varsigma \times 10 \times 20$

$\varsigma = \frac{205}{200} \quad \Rightarrow \quad \varsigma = 1.025 \simeq 1.03\ J/g.c°$

**س واجـب)** : تغيرت درجة حرارة قطعة فلز كتلتها (100g) من 20c° إلى 60c° مع اكتساب حرارة مقدارها (10 kJ) جد الحرارة النوعية.

**س9 (أسئلة الفصل)** : قطعة من الفضة كتلتها 360g وسعتها الحرارية 86 J/c° أحسب حرارتها النوعية.

الحـل :

ج / 2.5 J/g.C

$C = ς \times m$

$86 = ς \times 360$

$ς = \text{——}$

$ς = 0.238\ J/g.c°$

**س10 (اسئلة الفصل)** : قطعة من النحاس كتلتها (6 g) سخنت من 21C° إلى 124 C° أحسب كمية الحرارة بوحدات الكيلو جول (kJ) إذا علمت أن الحرارة النوعية للنحاس 0.39 J/g.c°.

الحـل :

$\Delta T = Tf - Ti \rightarrow \Delta T = 124 - 21$

$\Delta T = 103\ C°$

$q = ς \times m \times \Delta T$

$q = 0.39 \times 6 \times 103$

$q = \text{———} \rightarrow q = 0.241\ KJ$

**س11(أسئلة الفصل) واجـــب** : أحسب كمية الحرارة المنبعثة بوحدات (KJ) من 350g زئبق عند تبريدها من 77 C° إلى 12 C° إذا علمت أن الحرارة النوعية للزئبق 0.14 J/g.c°.

**س12(أسئلة الفصل) واجــب** : إذا تم رفع درجة حرارة 34 g من الايثانول من 25c° إلى 79c° أحسب كمية الحرارة الممتصة بواسطة الايثانول إذا علمت أن الحرارة النوعية للايثانول 2.44J/g.c°

**ج/ 3.18 KJ -**

ج/ 4479.8 J أو 4.47 KJ

٢٠١٦ تمهيدي

**س13(أسئلة الفصل) واجــب** : سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155g من درجة حرارة 25 C° الى 40 C° مما يؤدي إلى امتصاص حرارة مقدارها 5700J، أحسب الحرارة النوعية لهذه المادة.

ج/ 2.45J/g.c°

**س 14 (أسئلة الفصل)**: 4.5g من حبيبات ذهب امتصت 276 J من الحرارة عند تسخينها فإذا علمت أن الحرارة الابتدائية كانت 25 c° أحسب درجة الحرارة النهائية التي سخنت إليها، إذا علمت أن الحرارة النوعية للذهب 0.13 J/g.c°.

الحـل :

$q = \varsigma \times m \times \Delta T \Rightarrow 276 = 0.13 \times 4.5 \times \Delta T$

$\Delta T = \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad} \Rightarrow \Delta T = 471.7$

$\Delta T = Tf - Ti \Rightarrow 471.7 = Tf - 25$

$Tf = 471.7 + 25 \Rightarrow Tf = 496.7\ c^{\circ}$

**س16(أسئلة الفصل)** عند حدوث تفاعل كيميائي في مسعر سعته الحرارية الكلية تساوي 2.4KJ/c° فإن درجة حرارة المسعر ترتفع بمقدار 0.12c°، أحسب التغير في الانثالبي لهذا التفاعل وبوحده الجول

الحل /

$\Delta H = q_p = C.\ \Delta T$

$\Delta H = 2.4 \times 0.12$

$\Delta H = 0.288$ KJ

$\Delta H = -0.288$ KJ (لان التفاعل باعث للحراره)

$\Delta H = -0.288 \times 1000$

$\Delta H = -288$ J

**س واجب** : أحسب الحرارة النوعية للذهب إذا كان لدينا قطعة ذهب كتلتها 360g والسعة الحرارية لها 85.7 J/c°.

ج/ 0.238 J/g.c

## حرارة التفاعل (التغير في الانثالبي)

**الانثالبي :** هي دالة ثرموداينميكية وخاصية شاملة تمثل كمية الحرارة الممتصة أو المتحررة مقاسة بثبوت الضغط ويرمز لها بالرمز H

**حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل)** : تمثل مقدار التغير الحراري المصاحبة لحدوث التفاعل عند قياسها تحت ضغط ثابت وتسمى ايضاً بانثالبي التفاعل ويرمز لها بـ ($\Delta H$).

$$\Delta H = q_p$$

*حيث $q_p$ تمثل كمية الحرارة المقاسة تحت ضغط ثابت.

* إذا اعتبر التفاعل الكيميائي عبارة عن نظام فان قيم ($\Delta H$) توضح لنا هل التفاعل باعث أم ماص للحرارة.

* إذا كانت قيمة $\Delta Hr$ (حرارة التفاعل) > صفر أي قيمة $\Delta Hr$ موجبة فالتفاعل ماص للحرارة.

موجب ⟷ ماص للحرارة

* إذا كانت قيمة $\Delta Hr$ < صفر أي قيمة $\Delta Hr$ سالبة فالتفاعل باعث للحرارة

سالب ⟷ باعث للحرارة

حيث التغير في انثالبي التفاعل :

$$\Delta H r = \Delta H (p) - \Delta H_{(R)}$$

Products (P) تعني نواتج

Reactants (R) تعني متفاعلات

| |
|---|
| طاقة مع المتفاعلات ماص |
| طاقة مع النواتج باعث |

تفاعل باعث للحراره $C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2\ (g)}$ $\Delta Hr = -394.5$ KJ/m.1

تفاعل ماص للحرارة $2NH_{3(g)} \longrightarrow N_{2(g)} + 3H_{2\ (g)}$ $\Delta Hr = +92$ KJ/m.1

ملاحظة: * أذا كتبت كلمة طاقة (Energy) في المتفاعلات فالتفاعل ماص للحراة

٢٠١٣ د٢ * أذا كتبت كلمة طاقة (Energy) في النواتج فالتفاعل باعث للحرارة

**دالة الحالة** : هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسار الذي تم من خلاله التغير.

**علل؟** تعتبر الانثالبي (دالة حالة) وهي خاصية شاملة

ج/ لأنها تعتمد على كمية المادة فالتغير في انثالبي تفاعل (2mol) من مادة يساوي ضعف التغير في انثالبي تفاعل (1mol) من المادة نفسها

$C + O_2 \longrightarrow CO_2$ $\Delta H = -393.5$ KJ/mol

$2C + 2O_2 \longrightarrow 2CO_2$ $\Delta H = -787$ KJ/mol

**علل؟** الحرارة أو الشغل لا تعتبر دوال حالة.

**ج/** لأنها تعتمد على المسار والخطوات التي تم من خلالها التغير لذلك فهي لا تعتمد على الحالة الابتدائية والحالة النهائية للنظام فقط.

**علل(واجب)** الانثالبي والانتروبي تعتبر دالة حالة .



## الخواص العامة للمواد

**الخواص الشاملة :** هي الخواص التي تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكتلة والحجم والسعة الحرارية والانثالبي. **الخلاصة (خواص تعتمد على كمية المادة)**

**الخواص المركزة :** هي الخواص التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الضغط ودرجة الحرارة والكثافة والحرارة النوعية. **الخلاصة (خواص لا تعتمد على كمية المادة)**

(وزاري) تقسم الخواص العامة للمواد إلى نوعين ................ و....................

٢٠١٣د٣ و٢٠١٤د٢

س7 **(أسئلة الفصل)** ما الفرق بين الخواص المركزة والخواص الشاملة مع إعطاء أمثلة لكل منها.

**الكيمياء الحرارية :** علم يختص بدراسة التغيرات الحرارية المصاحبة لحدوث التفاعلات الكيميائية أو التغيرات الفيزيائية.

* التفاعل الباعث للحرارة يحول الطاقة الحرارية من التفاعل (النظام) إلى المحيط.

تفاعل كيميائي $2H_{2\,(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + \text{Energy}$

تغير فيزيائي $H_2O_{(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + \text{Energy}$

* **يكون التفاعل باعث للحرارة إذا كانت $\Delta H$ سالبة أو يُكتب كلمة طاقة (Energy) مع النواتج.**

* التفاعل الماص للحرارة ففيه يمتص التفاعل (النظام) الطاقة الحرارية من المحيط.

$$2NH_3 + \text{Energy} \longrightarrow N_2 + 3H_2$$

* يكون التفاعل ماص للحرارة إذا كانت $\Delta H$ موجبة أو يكتب طاقة مع المتفاعلات.

## ( قياس انثالبي التفاعل )

**المِسعَر الحراري** : هو جهاز يستخدم لقياس حرارة التفاعل الممتصة أو المتحررة في التفاعل الكيميائي عند ثبوت الضغط.




س:ما هي مكونات المسعر وكيف تتم بواسطتة قياس الحرارة الممتصة أو المنبعثة.

أ- وعاء يتم فيه التفاعل (توضع فيه المواد المتفاعلة).

ب- وعاء التفاعل يوضع في وعاء آخر يحتوي على كمية من الماء. ويكون معزول عزلاً جيداً ويحتوي المسعر على محرار لمعرفة التغير في درجة الحرارة.

ج- عند حدوث التفاعل فإن الحرارة المتحررة من التفاعل ترفع درجة حرارة الماء والمسعر لذا يمكن قياس كميتها من معرفة الزيادة الحاصلة في درجة الحرارة إذا كانت السعة الحرارية للمسعر ومحتوياته معروفة. وحسب القانون الآتي :

$$\Delta H = q_{(J)} = \varsigma_{(J/g.c^\circ)} \times m_{(g)} \times \Delta T_{(c)}$$

**خطوات حل أسئلة المسعر**

١.نجد عدد مولات المادة المحترقة (وتؤجل)

٢. نجد $\Delta T$

٣. نطبق العلاقة $q_{(J)} = \varsigma_{(J/g.c^\circ)} \times m_{(g)} \times \Delta T_{(c)}$ (للماء)

٤. لأيجاد كمية الحرارة لمول واحد تقسم الحرارة على عدد المولات المحترقة بعد استخراجها أو تستخدم النسبة والتناسب بعد تحويل الاشارة الى السالب (لان الحرارة منبعثة)

٥. نحول الى KJ /mol بالقسمة على 1000 (٢٠١٥ د١)

مثال : باستخدام المسعر وضعت (3g) من الكلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) كتلته المولية (M = 180 g/mol) في وعاء العينة، ثم ملئ وعاء التفاعل بغاز الأوكسجين وضع هذا الوعاء داخل الوعاء المعزول الذي ملئ بكمية (1200g) من الماء الحرارة النوعية للماء (4.2J/g.c°) وكانت درجة الحرارة الابتدائية (21c°) أحرق بعد ذلك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد أن التفاعل رفع درجة حرارة المسعر ومحتوياته إلى (25.5 c°) أحسب كمية الحرارة المتحررة بوحدة (KJ) نتيجة أحتراق (1mol) من الكلوكوز على فرض أن السعة الحرارية للمسعر مهملة.

**<u>الحـل :</u>**

$n = \frac{}{}$ للكلوكوز $\Rightarrow$ $n = \frac{3}{180} = 0.017\ mol$ (ونؤجل)

$q = \varsigma \times m \times \Delta T \Rightarrow q = 4.2 \times 1200 \times (25.5 - 21) = +22680\ J$

$q = -\ 22680\ J$ **<u>الحرارة منبعثة ∴ ستكون قيمة سالبة</u>**

$q\ (KJ) = \frac{-}{} = -\ \ KJ$ KJ **<u>لتكون الوحدة بـ 1000 يقسم على</u>**

**<u>المطلوب الحرارة المنبعثة نتيجة احتراق مول واحد من الكلوكوز</u>**

$q = \frac{-}{} = -1334.118\ KJ/mol$

أو

| **<u>n</u>** | **<u>q</u>** |
|---|---|
| 0.017 mol | - 22680 J |
| 1 mol | X |

$\Rightarrow X = \frac{-}{} = -\ 1334.118\ KJ/mol$

الحرارة المقاسة في المسعر المفتوح تحت تأثير الضغط الجوي (أي بثبوت الضغط)

$\Delta H = q = -1334.118\ KJ/mol$

١د٢٠١٣

**<u>تمريـن (1 – 2) :</u>** إذا تم حرق (3g) من الهيدرازين ($N_2H_4$) كتلته المولية (32g/mol) في مسعر مفتوح يحتوي على (1000g) من الماء (الحرارة النوعية للماء = 4.2) فإن درجة الحرارة ترتفع من (24.6c°) إلى (28.2c°) أحسب الحرارة المنبعثة نتيجة الاحتراق والانثالبي لاحتراق مول واحد من الهيدرازين بوحدة KJ على اعتبار أن السعة الحرارية للمسعر مهملة.

**<u>الحـل :</u>**

$n = \frac{}{} \Rightarrow n = \frac{}{} = 0.093\ mol$

$q = \varsigma \times m \times \Delta T \Rightarrow q = 4.2 \times 1000 \times (28.2 - 24.6)$

$q = 15120\ J$

$q = -15120\ J$ لأن الحرارة منبعثة

$\Delta H = q = \frac{-1}{} = -\ 15.12\ KJ \longrightarrow \Delta H = q = \frac{-15}{093} = -162.5\ KJ\backslash mol$

**١٧(أسئلة الفصل)** إذا تم حرق عينة كتلتها 1.5g من حامض الخليك $CH_3COOH$ (الكتلة المولية = 60g/mol) بوجود كمية وافية من الأوكسجين وكان المسعر يحتوي على 750g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) فإذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من 24C° إلى 28C°، أحسب كمية الحرارة التي يمكن أن تنبعث نتيجة أحتراق مول واحد من الحامض على فرض أن السعة الحرارية للمسعر مهملة.

الحل /

$\Delta T = T_f - T_i \Rightarrow \Delta T = 28 - 24 \Rightarrow \Delta T = 4c°$

$q = S \times m \times \Delta T \Rightarrow q = 4.2 \times 750 \times 4 \Rightarrow q = 12600\ J$

∵ الحرارة منبعثة لذلك يجب أن تكون سالبة أي ($q = -12600J$).

∵ المطلوب حساب الحرارة المنبعثة من أحتراق مول واحد من الحامض لذلك يجب إيجاد عدد مولات الحامض والتي تكافئ 1.5g منه.

$$n = \frac{m}{M} = \frac{1.5}{60} = 0.025\ mol$$

نقسم الحرارة المنبعثة على عدد مولات الحامض المستخرجة فينتج الحرارة المنبعثة من أحتراق مول واحد.

$$q = \frac{-12600}{0.025} = -504000\ J/mol$$

∵ الحرارة تم قياسها في المسعر المفتوح تحت تأثير الضغط الجوي أي بثبوت الضغط لذلك فإن

$-504000\ J/mol = \Delta H = q_p$

$$\therefore \Delta H = \frac{-504000}{1000} = -504\ KJ/mol$$

**اذا طلب في السؤال أحسب كمية الحرارة نتيجة احتراق أكثر من مول او أقل يضرب الناتج النهائي لمول واحد في عدد المولات المطلوبة**

**المعادلة الكيميائية الحرارية** : تبين ما يلي :

١- إشارة ΔH المصاحبة للتفاعل الكيميائي والتي توضح هل التفاعل باعث أو ماص للحرارة حيث توضع أمام المعادلة ويمكن تضمين الحرارة في التفاعل الحراري أو المعادلة الحرارية نفسها وكما يلي :

$$C_{Gra\ \text{كرافيت}} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H^{o}_{r} = -393.5\ KJ/mol$$

* التفاعل **باعث** للحرارة لأن قيمة ΔH **سالبة**

$$C_{Gra\ \text{كرافيت}} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 393.5\ KJ/mol$$

* التفاعل باعث للحرارة لأن قيمة $\Delta H^{o}_{r}$ وضعت مع النواتج.

$$H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H^{o}_{r} = +6 \ KJ/mol$$

* التفاعل **ماص** للحرارة لأن قيمة $\Delta H^{o}_{r}$ **موجبة**.

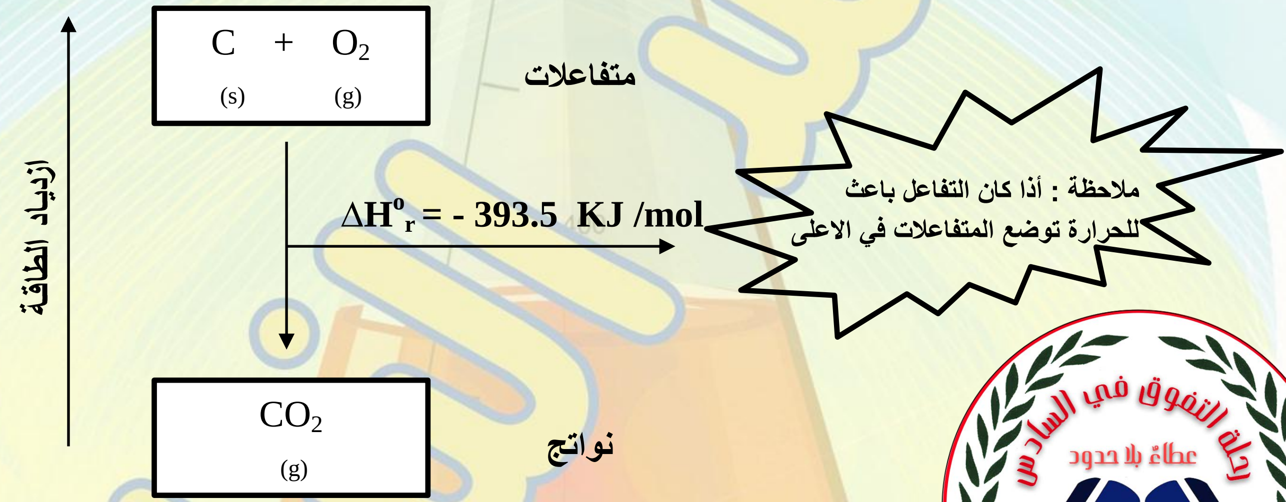
$$H_2O_{(s)} + 6\ KJ/mol \rightarrow H_2O_{(l)}$$

* **التفاعل ماص للحرارة لأن قيمة $\Delta H^{o}_{r}$ وضعت مع المتفاعلات.**

**سؤال : وضح بالرسم التخطيطي التفاعل الباعث والماص للحرارة.**

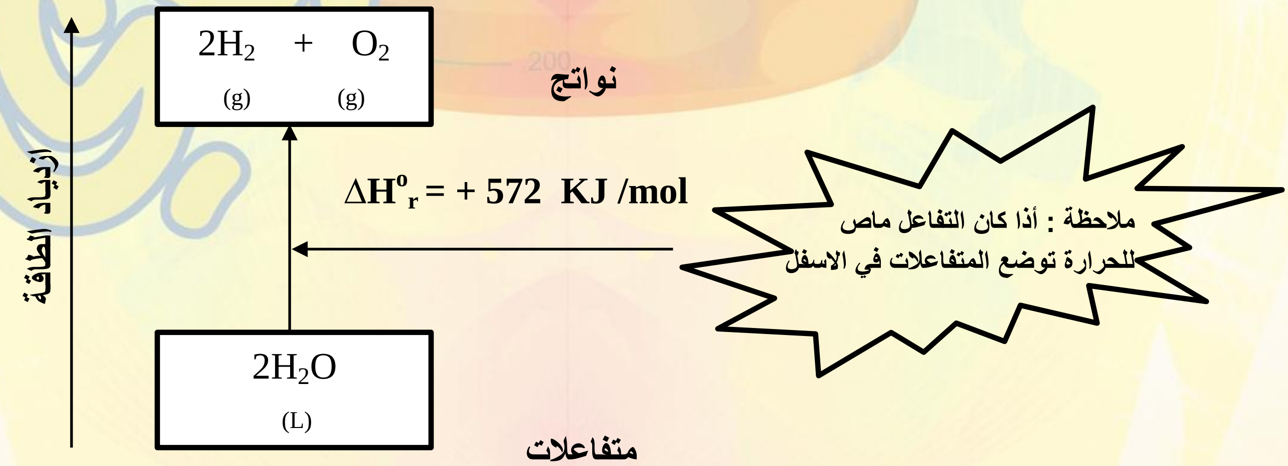
**الحل :**

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \Delta H^{o} = -393.5\ KJ/mol$$




$\Delta H^{o}_{r} < 0 \qquad \Delta H^{o}_{r} = - \qquad$ **(التفاعل باعث للحرارة)**

$$2H_2O_{(l)} \longrightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \quad \Delta H^{o} = +572\ KJ/mol$$



٢- يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة والناتجة من التفاعل (علل) مثل (s) تعني صلب (solid)، (l) تعني (liquid) أي سائل، (g) تعني gas أي غاز، و(aq) تعني aqueous أي محلول مائي. (ج) وذلك لأن كمية الحرارة المنبعثة أو الممتصة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية لمواد التفاعل.

$H_{2\,(g)} + \frac{1}{2}\ O_{2(g)} \longrightarrow H_2\,O_{(l)}$ $\Delta H^{o}_{r} = -286$ KJ/mol

$H_{2\,(g)} + \frac{1}{2}\ O_{2(g)} \longrightarrow H_2\,O_{(g)}$ $\Delta H^{o}_{r} = -242$ KJ/mol

٣- عند عكس معادلة تعكس إشارة $\Delta H$ للتفاعل

$2NH_{3\,(g)} \longrightarrow N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$ $\Delta H^{o}_{r} = +92$ KJ

$3H_{2\,(g)} + N_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$ $\Delta H^{o}_{r} = -92$ KJ

٤- عند ضرب أو قسمة طرفي معادلة بمعامل عددي معين فيجب أن تضرب أو تقسيم قيمة $\Delta H$ للتفاعل أيضاً.

$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2\,O_{(l)}$ $\Delta H = 6$KJ/mol

$2H_2O_{(s)} \longrightarrow 2H_2\,O_{(l)}$ $\Delta H = 12$KJ/mol

## انثالبي التفاعل القياسية : Standard Enthalpy of Reaction

((وتعرف بانها الحرارة المصاحبة لحدوث التفاعل عند 25c° (298K) وضغط (1 atm) ويرمز لها بالرمز ($\Delta H^{o}_{r}$).

$CH_{4\,(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H^{o}_{r} = -890$ KJ/mol

إن المعادلة أعلاه تعني أن مول واحد من غاز الميثان يحترق مع مولين من الأوكسجين لينتج مول واحد من غاز $CO_2$ و (2mole) من سائل الماء مع انبعاث حرارة مقدارها (890 KJ) عند ظروف قياسية وهي 25c° وضغط (1 atm) وتسمى هذه بالحالة القياسية.

*** يجب معرفة أن الظروف القياسية التي درست في السنوات السابقة عند دراسة الغازات هي C° (0) و(1 atm).**

# عند وجود مواد متفاعلة وناتجة وحرارة منبعثة او ممتصة تسمى $\Delta H^{o}_{r}$

# جميع معادلات الفصل يمكن ان يطلق عليها $\Delta H^{o}_{r}$

## انثالبي التكوين القياسية : Standard Enthalpy of formation

**تمثل الحرارة اللازمة لتكوين مول واحد من أي مركب ومن تفاعل عناصره الأساسية المتواجدة بأثبت صورها عند 25c° وضغط (1 atm) ويرمز لها بالرمز ($\Delta H°f$).**

* نقصد بالعناصر بأثبت صورها أي حالتها القياسية عند الظروف القياسية المشار إليها، فالأوكسجين في حالته الغازية هو الأثبت صورة، والزئبق السائل هو الأثبت صورة والمغنيسيوم الصلب هو الأثبت صورة.

* بعض العناصر لها أكثر من صورة في الظروف القياسية مثل عنصر الكاربون يوجد على شكل كرافيت (graphite) وماس (diamond) والكرافيت هو الصورة الأثبت.

* للكبريت أكثر من صورة فالكبريت المعيني (rhombic) والكبريت الموشوري (orthombic) فالكبريت المعيني هو الأثبت.

* اتفق على أن $\Delta Hf°$ للعناصر الحرة تساوي (صفر) **(علل)** وذلك بسبب عدم حدوث تغير حراري محسوس عند تكوين العنصر الحر.

* إذا كان للعنصر أكثر من صورة فالصورة الأثبت تكون $\Delta H°f$ لها = صفر، أما $\Delta H°f$ للصورة الأقل ثبات فإنها تمثل مقدار التغير الحراري المرافق لتكوين مول واحد لهذه الصورة من الصورة الأكثر ثبات.

$$C_{graphite} \longrightarrow C_{diamod} + 1.9\ KJ/mol = \Delta Hf$$

كرافيت ماس

* $\Delta H f°_{\text{المركب}} = \frac{\Delta Hr°}{n}$

**ملاحظة** :في حالة تكون أكثر أو أقل من مول واحد من مركب ومن تفاعل عناصره الاولية في المعادلة المعطاة

* وإليك بعض الأمثلة لكتابة معادلة تكوين بعض المركبات.

$$H_{2\,(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H°_{f\,(H2O)(l)} = -286\ KJ/mol$$

$$\frac{3}{2}H_{2\,(g)} + 2O_{2(g)} + \frac{1}{4}P_{4\,(s)} \longrightarrow H_3PO_{4(s)} \qquad \Delta H_{f\,(H_3PO_4)(s)} = -128\ KJ/mol$$

* كل حرارة تكوين قياسية تمثل حرارة تفاعل قياسية ولكن $\Delta H°_r$ قد لا تساوي $\Delta H°_f$ لأن لحرارة التكوين القياسية **ثلاثة شروط** :

**١- المادة الناتجة مول واحد لمركب.**
**٢- المواد المتفاعلة عناصر أساسية.** **٣- أثبت صور العنصر في حالته القياسية.**

**س/واجب/** أكتب معادلات تكوين المركبات الآتية بحيث تكون $\Delta H^{o}_{r} = \Delta H^{o}_{f}$

$H_2SO_4$ ، $CH_3OH$ ، $C_6H_6$ ، $CO_2$ ، $CH_4$

**الحل**

**ملاحظة**: $\Delta H^{o}_{r} = \Delta H^{o}_{f}$ اذا كان المركب في النواتج مول واحد ومن عناصره الاولية ولأثبت صوره

س / جد $\Delta Hf^{o}$ لـ HBr من خلال التفاعل الآتي :

$H_{2\,(g)} + Br_{2(l)} \longrightarrow 2HBr_{(g)}$   $\Delta H^{o}_{r} = -73\ KJ$

الحـل : لإيجاد $\Delta Hf^{o}$ لـ HBr نقسم المعادلة مع الانثالبي على 2

$\frac{1}{2}H_{2\,(g)} + \frac{1}{2}Br_{2(l)} + \longrightarrow HBr_{(g)}$   $\Delta Hf^{o}\ (HBr) = -36.5\ KJ/mol$

س / جد $\Delta Hf^{o}$ لـ $H_2O_{(l)}$ من خلال التفاعل الآتي :

$2H_2O_{\,(l)} \longrightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$   $\Delta H^{o}_{r} = 572\ KJ$

الحـل : لإيجاد $\Delta Hf^{o}$ لـ $H_2O$ نعكس المعادلة ونقسمها على 2

$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$   $\Delta H_{f(H2O)(l)} = -286\ KJ/mol$

س / أحسب انثالبي التفاعل القياسية $\Delta H^{o}_{r}$ للتفاعل الآتي :

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$

إذا علمت أن $\Delta H^{o}_{f}$ لـ $NH_3$ = -46 KJ

الحـل :

$$\Delta H f^{o} = \frac{\Delta Hr^{o}}{n}$$

$\Delta H^{o}_{r} = 2 \times \Delta H^{o}_{f}\ (NH_3)$
$\Delta H^{o}_{r} = 2 \times -46$
$\Delta H^{o}_{r} = -92\ KJ$

**س / إذا علمت أن انثالبي التكوين القياسية للبنزين $C_6H_6$ تساوي +49 KJ/mol أكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون $\Delta H^o_r$ مساوية إلى $\Delta H^o_{f\,(C6H6)}$.**

**الحـل :** من شروط حرارة التكوين يجب أن تكون المادة الناتجة مول واحد ومن تفاعل عناصرها الأساسية لأثبت الصور.

$$6C_{graphite} + 3H_{2(g)} \longrightarrow C_6H_{6(l)} \qquad +49\ KJ/mol = C_6H_6\ \Delta H_f = \Delta H_r$$

$\therefore \Delta H^o_r = \Delta H^o_f$ لـ $C_6H_6 = +49\ KJ/mol$

حيث على المعادلة تنطبق شروط انثالبي التكوين القياسية وانثالبي التفاعل القياسية.

س / أي من التفاعلات الآتية قيمة $\Delta H^o_r$ له تمثل قيمة $\Delta H^o_f$ للمركب المتكون

1) $4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)} \qquad \Delta H^0_r = -3350\ KJ$

2) $C_{(graphit)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H^0_r = -394\ KJ$

3) $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H^0_r = -283\ KJ$

١- $\Delta H^0_r \neq \Delta H^o_f$ لـ $Al_2O_3$ بسبب تكون 2mole من $Al_2O_3$.

٢- $\Delta H^0_r = \Delta H^o_f$ لـ $CO_2$ بسبب تكون 1mole من $CO_2$ ومن تفاعل عناصره الأساسية ولأثبت صوره.

٣- $\Delta H^0_r \neq \Delta H^o_f$ لـ $CO_2$ وذلك لأن المواد المتفاعلة ليست جميعها عناصر أساسية.

**س (واجـب):** أحسب حرارة (انثالبي) التكوين القياسي لـ $Fe_2O_3$ ومن خلال التفاعل الآتي :

$$2\,Fe_2O_{3(S)} \longrightarrow 4Fe_{(s)} + 3O_2 \qquad \Delta H^0_r = +1644\ KJ$$

**ت 1 – 3 (واجب)** / إذا علمت أن حرارة التكوين القياسية لحامض الكبريتيك $\Delta H^0_f(H_2SO_4)$ تساوي (-811 KJ/mol). أكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون $\Delta H^0_r$ مساوية إلى $\Delta H^0_f\,(H_2SO_4)$.

**ت 1 – 4 /** (**واجب**) أحسب انثالبي التفاعل القياسية $\Delta H^0_r$ للتفاعل التالي إذا علمت أن انثالبي التكوين القياسية لفلوريد الهيدروجين (HF) تساوي $\Delta H^0_f (HF) = -271$ KJ/mol

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \longrightarrow 2HF_{(g)}$$

ج / - 542 **KJ**

**ت (1 – 5)/** (**واجب**) أحسب انثالبي التفاعل القياسية للتفاعل الآتي :

$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)} \quad \Delta H^0_r = ?KJ$$

إذا علمت أن حرارة التكوين القياسية لأوكسيد الألمنيوم -1670 KJ/mol

ج / **- 3340 KJ**

## انثالبي الاحتراق القياسية : Standard Enthalpy of combustion

تمثل كمية الحرارة المتحرره لحرق مول واحد من أية مادة حرقاً تاماً مع كمية وافية من الأوكسجين عند 25c° (298K) و(ضغط 1atm).

* شروط حرارة الاحتراق :

١) المادة المحترقة مول واحد. (عنصر أو مركب)

٢) وجود كمية كافية من الأوكسجين.

٣) الاحتراق تام حيث نواتج التفاعل لا تتفاعل مرة ثانية مع $O_2$.

**ملاحظات**

* يرمز لحرارة الاحتراق القياسية بالرمز $\Delta H_C^0$ حيث c من combustion وتعني احتراق.

* $\Delta H_r^0 = \Delta H_C^0$ اذا كانت عدد مولات المادة المحترقة مع الاوكسجين مول واحد حرقاً تاماً

* كل حرارة احتراق قياسية $\Delta H_C^0$ هي حرارة تفاعل $\Delta H_r^0$ ولكن ليس دائماً العكس صحيح.

* جميع تفاعلات الاحتراق هي تفاعلات باعثة للحرارة (قيمتها سالبة)
* عند احتراق أي عنصر بالأوكسجين فالناتج أوكسيد ذلك العنصر.
* عند احتراق أي مركب عضوي من (H+C) أو (O+H+C) فالناتج $CO_2 + H_2O_{(l)}$.
* **لموازنة معادلة أحتراق المركبات العضوية نبدأ بموازنة الكاربون ثم الهيدروجين واخيراً الاوكسجين**

**الأمثلة :**

$H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H^0_{c\,(H2)} = -286\ KJ/mol$

بيوتان $C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2} O_2 \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(l)}$ $\Delta H^0_{C\,(C4H10)} = -2878.5\ KJ/mol$

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$ $\Delta H^0_{C(C6H12O6)} = -2808\ KJ/mol$

**س/ ما هي فوائد معرفة حرارة الاحتراق؟**

ج/ ١) معرفة القيم الحرارية للوقود والمواد الغذائية.

٢) معرفة اثالبي التكوين لبعض المركبات المعقدة والتي يصعب إيجادها من تفاعل عناصرها الأساسية.

س/ أكتب معادلة احتراق القياسية لـ $(C_6H_{6(l)}\ ,\ C_2H_5OH_{(l)})$ المتوازنة.

$\Delta H_c\ (C_2H_5OH) = -1367\ KJ/mol$ , $\Delta H_c\ (C_6H_6) = -3268\ KJ/mol$

الحـل :

$C_6H_{6(l)} + \frac{15}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$ $\Delta H^0_C = -3268\ KJ/mol$

$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$ $\Delta H^0_{C(C2H5OH)} = -1367\ KJ/mol$

**ت** 1 – 6 / (**واجب**) أكتب معادلة تفاعل احتراق غاز البروبان $C_3H_8$ إذا علمت أن $\Delta H^0_c$ $(C_3H_8) = -2219\ KJ/mol$

**س20** (**أسئلة الفصل**) / أحسب التغير في انثالبي التكوين القياسية $\Delta H^0_f\ (Al_2O_3)$ والتغير في انثالبي الاحتراق القياسية $(Al)\ \Delta H^0_c$ من خلال التفاعل الآتي :

$$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)} \quad \Delta H^0_r = -3340\ KJ$$

**الحل /**

١- لإيجاد $\Delta H^0_f$ لـ $Al_2O_3$ نقسم المعادلة مع $\Delta H^0_r$ على (2)

$$2(Al)_{(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Al_2O_{3(s)} \quad \Delta H^0_f = -1670\ KJ/mol$$

٢- لإيجاد $\Delta H^0_c$ لـ Al نقسم المعادلة المعطاة مع $\Delta H^0_r$ على (4)

$$Al_{(s)} + \frac{3}{4}O_2 \longrightarrow \frac{1}{2}Al_2O_{3(s)} \quad \Delta H^0_c = -835\ KJ/mol$$

**واجب س** : علل ما يأتي

١) $\Delta H^0_r = \Delta H^0_f$ لـ $CO_2 = \Delta H^0_c$ للكرافيت من خلال التفاعل الآتي :

$$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \quad \Delta H^0_r = -394\ KJ$$

٢) $\Delta H^0_r = \Delta H^0_f$ لـ $Al_2O_3$ ولكنها $\neq \Delta H^0_c$ لـ Al من خلال التفاعل الآتي :

$$2Al_{(s)} + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow Al_2O_{3(s)} \quad \Delta H^0_r = -1675\ KJ$$

٣) $\Delta H^0_r = \Delta H^0_c$ لـ Fe ولكنها $\neq \Delta H^0_f$ لـ $Fe_2O_3$ للتفاعل الآتي :

$$Fe_{(s)} + \frac{3}{4}O_2 \longrightarrow \frac{1}{2}Fe_2O_{3(s)} \quad \Delta H^0_r = -411\ KJ$$

٤) $\Delta H^0_r \neq \Delta H^0_c$ لـ $H_2$ $\neq \Delta H^0_f$ لـ Hcl للتفاعل الآتي :

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl \quad \Delta H^0_r = -184.6\ KJ$$

## انثالبيي التغيرات الفيزيائية :

**١- انثالبي التبخر $\Delta H_{(vap)}$ :**

تمثل كمية الحرارة اللازمة لتبخر مول واحد من أي مادة سائلة.

$$H_2O_{(l)} \xrightarrow[\text{تبخر}]{\text{vaporization}} H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_{(vap)} = 44\ KJ/mol$$

**٢- انثالبي التكثف $\Delta H_{cond}$** : كمية الحرارة اللازمة لتحول مول واحد من أية مادة في الطور الغازي إلى الطور السائل.

$$H_2O_{(g)} \xrightarrow[\text{تكثيف}]{\text{condensation}} H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{cond} = -44\ KJ/mol$$

**٣- انثالبي الانصهار $\Delta H_{fus}$** : كمية الحرارة اللازمة لتحول مول واحد من أي مادة صلبة وتحوله إلى سائل.

$$H_2O_{(s)} \xrightarrow[\text{انصهار}]{\text{fusion}} H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{fus} = 6\ KJ/mol$$

**٤- انثالبي الانجماد (التبلور) $\Delta H_{cryst}$** : كمية الحرارة اللازمة لتحول مول واحد من أية مادة سائلة إلى الطور الصلب.

$$H_2O_{(l)} \xrightarrow[\text{تبلور}]{\text{Crystallization}} H_2O_{(s)} \qquad \Delta H_{cryst} = -6\ KJ/mol$$

وملخص لما جاء في السابق يمكن كتابه ما يلي :

$\Delta H_{(vap)} = - \Delta H_{cond}$ (جميعها لمول واحد)

$\Delta H_{(fus)} = - \Delta H_{cryst}$

**٥- انثالبي التسامي** : كمية الحرارة اللازمة لتحول مول واحد من المادة الصلبة إلى المادة الغازية.

**س/ إذا علمت أن انثالبي التبخر للأمونيا 23 KJ/mol أحسب انثالبي التكثيف للأمونيا موضحاً بالمعادلات.**

وزاري 2015 تمهيدي

الحـل / نكتب معادلة تبخر الأمونيا

$$NH_{3(l)} \xrightarrow{vap} NH_{3(g)} \qquad \Delta H_{(vap)} = 23\ KJ/mol$$

وبما أن عملية التكثيف هي عكس عملية التبخر لذلك فإن :

$$NH_{3(g)} \xrightarrow{cond} NH_{3(l)} \qquad \Delta H_{cond} = -23\ KJ/mol$$

**واجب س** / بين بالمعادلات قيمة انثالبي الانجماد لحامض الخليك $CH_3COOH$ الثلجي إذا علمت أن انثالبي الانصهار هو 5.11 KJ/mol.

**ملاحظة : انثالبي التسامي (sublimation) وتمثل مجموع انثالبيات الانصهار والتبخر لكونها دالة حالة.**

## ((طرائق حساب انثالبي التفاعل القياسية))

### أ) طريقة استخدام قانون هيس :

عرف قانون هيس وما هي فائدته في الكيمياء الحرارية

**قانون هيس** : ((عند تحويل المتفاعلات إلى نواتج فإن التغير في انثالبي التفاعل هو نفسهُ سواء تم التفاعل في خطوة واحدة أو سلسلة من الخطوات)).

**فائدته :** معرفة $\Delta H^0_r$ المصاحبة لتكوين بعض المركبات والتي لا يمكن إيجادها مباشرة من تفاعل عناصرها الأساسية أما لأن التفاعل يسير ببطئ شديد أو تتكون مركبات جانبية غير مرغوبة لذلك يستخدم قانون هيس لإيجاد $\Delta H^0_r$ بصورة غير مباشرة.

* يعتمد قانون هيس على حقيقة أن $\Delta H^0_r$ هي دالة حالة أي أنها تعتمد على الحالة الابتدائية والحالة النهائية للنظام (للتفاعل) أي على طبيعة المتفاعلات والنواتج ولا تعتمد على المسارات التي يتم سلوكها للوصول إلى النواتج.

**علل /** يتم اللجوء إلى قياس $\Delta H^0_r$ للعديد من التفاعلات بصورة غير مباشرة.

**ج/** أما لأن التفاعل يسير ببطئ شديد أو تتكون مركبات جانبية غير مرغوبة.

**علل/** لايمكن قياس الحرارة المنبعثة عندما يتفاعل الكاربون (الكرافيت) مع الأوكسجين ليكونا أحادي أوكسيد الكاربون.

**ج/** لأنه من المستحيل منع تكوين $CO_2$.

**س/ احسب انثالبي التكوين القياسية لمركب $CS_{2(l)}$ من عناصره الأساسية بأثبت صورة.**

٢٠١٦ تمهيدي

$$C_{graphite} + 2S_{rhombic} \longrightarrow CS_{2(l)}$$

ومن خلال التفاعلات الآتية الحرارية :

1- $C_{(gra)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\quad \Delta H_r^o = -394\ KJ/mol$

2- $S_{(rhombic)} + O_2 \longrightarrow SO_{2(g)}$ $\quad \Delta H_r^o = -296\ KJ/mol$

3- $CS_{2(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2\ SO_{2(g)}$ $\quad \Delta H_r^o = -1072\ KJ/mol$

**الحـل/**

نكتب المعادلة الأولى كما هي :

$C_{(gra)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = -394$ KJ/mol

نضرب المعادلة الثانية ×2

$2\,S_{(rhombic)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = -592$ KJ

بعكس المعادلة الثالثة

$CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \longrightarrow CS_2 + 3\,O_2$ $\Delta H_r^o = +1072$ KJ

بالجمع

$C_{graphite} + 2S_{\ rhombic} \longrightarrow CS_{2(l)}$ $\Delta H_f^o = 86$KJ/mol

س21 (أسئلة الفصل) / أحسب $\Delta H_r$ للتفاعل الآتي :

$4HCl + O_2 \longrightarrow 2\,Cl_2 + 2\,H_2O_{(g)}$ $\Delta H_r = ?$

من المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة 25c° وضغط 1atm.

1) $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$ $\Delta H_r = -185$ KJ

2) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$ $\Delta H_r = -484$ KJ

**الحـل /**

بعكس المعادلة (1) وضربها × 2

$4HCl_{(g)} \longrightarrow 2H_{2(g)} + 2Cl_{2(g)}$ $\Delta H^0_r = +370$ KJ

نكتب المعادلة الثانية كما هي ونجمعها

$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$ $\Delta H^0_r = -484$ KJ

بالجمع

$4HCl + O_2 \longrightarrow 2H_2O + 2Cl_2$ $\Delta H^0_r = -114$ KJ

**س22 (أسئلة الفصل) /** إذا أعطيت المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة 25c° وضغط 1atm

1) $\frac{1}{2}N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow NO_{2(g)}$ $\Delta H^0_r = 33$ KJ

2) $N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)}$ $\Delta H^0_r = 11$ KJ

أحسب $\Delta H^0_r$ للتفاعل الآتي :

$2\,NO_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)}$

**الحل /**

بعكس المعادلة الأولى وضربها × (2) وجمعها مع الثانية

$2NO_2 \longrightarrow N_2 + 2O_2 \quad \Delta H^0_r = -66\ KJ$

$N_2 + 2O_2 \longrightarrow N_2O_4 \quad \Delta H^0_r = +11\ KJ$

بالجمع

$2NO_{2(g)} \longrightarrow N_2O_4 \quad \Delta H^0_r = -55\ KJ$

س23 (أسئلة الفصل): إذا كانت لديك المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة 25c° وضغط 1 atm

1) $FeO_{(s)} + H_{2(g)} \longrightarrow Fe_{(s)} + H_2O_{(g)} \quad \Delta H^0_r = 25\ KJ$

2) $3FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)} \quad \Delta H^0_r = -318\ KJ$

3) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \quad \Delta H^0_r = -242\ KJ$

أحسب $\Delta H^0_r$ للتفاعل الآتي :

$3Fe_{(s)} + 4\ H_2O_{(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)} + 4\ H_{2(g)}$

**الحل /**

بعكس المعادلة الأولى وضربها × 3

$3Fe_{(s)} + 3\ H_2O_{(g)} \longrightarrow 3FeO_{(s)} + 3H_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = -75\ KJ$

نعكس المعادلة الثالثة لكي نجعل مولات الماء في المتفاعلات عند الجمع (4) مول

$H_2O_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \quad \Delta H^0_r = 242\ KJ$

نكتب المعادلة الثانية كما هي

$3FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)} \quad \Delta H^0_r = -318\ KJ$

بالجمع

$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)} + 4H_2 \quad \Delta H^0_r = -151\ KJ$

**س/** جد انثالبية التكوين القياسية لـ CO من خلال التفاعلات الآتية

1) $C_{(gra)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = -393.5\ KJ$

2) $CO_{(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow CO_2$ $\Delta H_r^o = -283\ KJ$

٢٠١٣ د١

**الحل /** نكتب معادلة انثالبي تكوين CO ونقارنه مع المعادلات المعطاة في السؤال من حيث الموقع وعدد المولات.

$C_{(gra)} + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow CO$ $\Delta H_{r(CO)} = ?$

بعكس المعادلة الثانية وجمعها مع الأولى

$C + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = -393.5\ KJ$

بالجمع $CO_{2(g)} \longrightarrow CO + \frac{1}{2} O_2$ $\Delta H_r^o = +283\ KJ$

$C_{graphite} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)}$ $\Delta H_{f(CO)} = -110.5\ KJ/mol$

اذا كان هنالك عنصر أو مركب موجود في أكثر من معادلة يهمل

**س واجب /** أحسب انثالبي الاحتراق القياسية $C_2H_2$ إذا توفرت لديك المعلومات الآتية :

1- $2C_{(graphite)} + H_2 \longrightarrow C_2H_{2(g)}$ $\Delta H^o_{f(C_2H_2)} = 227\ KJ/mol$

2- $C_{(gra)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = -394\ KJ/mol$

3- $H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r^o = -286\ KJ/mol$



ج/ $\Delta Hc = -1301$

**ت 1 - 8 (واجب)/** أحسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين $C_2H_{2(g)}$ من عناصره الأساسية

$2C_{(gra)} + H_2 \longrightarrow C_2H_2$ $\Delta H^0_f (C_2H_2) = ?$

إذا أعطيت المعادلات الحرارية الآتية

1) $C_{(gra)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H^0_r = -394\ KJ/mol$

2) $H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ $\Delta H^0_r = -286\ KJ/mol$

3) $2C_2H_2 + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O$ $\Delta H^0_r = -2599\ KJ/mol$

ج/ 225.5 KJ/mol

**س1 – 35 / إذا علمت أن انثالبي احتراق كل من غاز CO و$H_2$ و$CH_3OH$ بوحدات KJ/mol هي على التوالي (-284، -286، -727).**

**أحسب $\Delta H^0_r$ باستخدام قانون هيس للتفاعل الآتي**

$$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$$

الحـل /

نكتب معادلات الاحتراق للمواد المعطاة في السؤال

1) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$  $\Delta H^0_c = -286$ KJ/mol

2) $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$  $\Delta H^0_c = -284$ KJ/mol

3) $CH_3OH_{(l)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H^0_c = -727$ KJ/mol

لايجاد $\Delta H^0_r$ تقارن معادلة التفاعل مع معادلات الاحتراق

* نكتب المعادلة الثانية كما هي

$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$  $\Delta H_c = -284$ KJ/mol

* نضرب المعادلة الأولى × 2

$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$  $\Delta H^0_c = -572$ K

* نعكس المعادلة الثالثة

$CO_2 + 2H_2O \longrightarrow CH_3OH + \frac{3}{2}O_2$  $\Delta H^0_r = +727$ KJ

بالجمع

$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$  $\Delta H^0_r = -129$ KJ

**واجب س/** احسب انثالبي التكوين لـ $CH_4$ القياسية إذا علمت أن انثالبي الاحتراق القياسية لـ -286 KJ $H_2$ =، $\Delta H_c^o$ لـ $CH_4$ ‎-890 KJ/mol و $\Delta H_c^o$ للكرافيت = ‎-394 KJ/mol.

ج/ **$\Delta H f = -76$**

**ب) طريقة استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية :**

لحساب $\Delta H_r^o$ من خلال معرفة $\Delta H_f^o$ لمركبات النواتج والمتفاعلات في المعادلة الكيميائية نستخدم العلاقة الآتية :

مولات المواد الناتجة

$$\Delta H_r^o = \Sigma n \Delta H_f^o (products) - \Sigma n \Delta H_f^o (Reactants)$$

مجموع — النواتج — المتفاعلات

س/ جد $\Delta H_r^o$ للتفاعل الآتي :

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \longrightarrow Al_2O_{3(s)} + 2Fe_{(l)}$$

$\Delta H_f^o$ لايساوي صفر لانه ليس بأثبت صوره

إذا علمت أن

$\Delta H^0_f (Al_2O_3)_{(s)} = -1670$ KJ/mol

$\Delta H^0_f (Fe_2O_3)_{(s)} = -822$ KJ/mol

$\Delta H^0_f (Fe)_{(l)} = 12$ KJ/mol

الحل /

| $2Al_{(s)}$ | + | $Fe_2O_{3(s)}$ | $\longrightarrow$ | $Al_2O_{3(s)}$ | + | $2Fe_{(l)}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $(2 \times 0)$ | | $(-822)$ | | $(-1670)$ | | $(2\times12)$ |

$$\Delta H_r^o = \Sigma n \Delta H_f^o (products) - \Sigma n \Delta H_f^o (Reactants)$$

$$\Delta H_r^o = [\Delta H_f^o (Al_2O_3) + 2 \Delta H_f^o (Fe)_{(l)}] - [2 \times \Delta H_f^o Al + \Delta H_f^o Fe_2O_3]$$

$$\Delta H_r^o = [-1670 + 24] - [0 + (-822)]$$

$$\Delta H_r^o = -1646 + 822 \longrightarrow \Delta H_r^o = -824 KJ$$

س/ احسب حرارة التكوين (انثالبي التكوين) القياسية لـ $CH_4$ إذا علمت أن $\Delta H_c^o$ لـ - $CH_4$ = 890 KJ/mol و $\Delta H_f^o$ لـ $H_2O, CO_2$ على التوالي (-286, -394 KJ/mol).

الحل/

$$CH_4 \quad + \quad 2O_2 \longrightarrow CO_2 \quad + \quad 2H_2O$$

$$X \qquad 0 \qquad\qquad -394 \qquad 2(-286)$$

$$\Delta H_c^o = \Sigma n\, \Delta H_f^o\,(products) - \Sigma\, n\Delta H_f^o\,(Reactants)$$

$$-890 = -394 + (-572) - \Delta H_f^o + O$$

$$\Delta H_f^o\,(CH_4) = -966 + 890 \rightarrow \Delta H_f^o\,(CH_4) = -76\ KJ/mol$$

**س25 (أسئلة الفصل)** / أحسب $\Delta H^0_r$ للتفاعل الآتي عند درجة حرارة 25c° وضغط 1 atm

$$2NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} + 2CH_{4(g)} \longrightarrow 2HCN_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

إذا علمت أن $\Delta H^0_f(CH_4) = -75$ KJ/mol و $\Delta H^0_f(NH_3) = -46$ KJ/mol و $\Delta H^0_f(H_2O) = -242$ KJ/mol و $\Delta H^0_f(HCN) = 135$ KJ/mol.

الحل /

$$\Delta H^0_r = \Sigma\, n\Delta H^0_f\,(products) - \Sigma\, n\, \Delta H^0_f\,(Reactants)$$

$$\Delta H^0_r = [2(135) + 6(-242)] - [2(-46) + 0 + 2(-75)]$$

$$\Delta H^0_r = (-1182) + 242 \rightarrow \Delta H^0_r = -940\ KJ$$

وزاري 2015 تمهيدي

**س26 (أسئلة الفصل)** / أحسب $\Delta H^0_f$ لـ $HPO_{3(l)}$ من التفاعل الآتي :

$$P_4O_{10(s)} + 4HNO_{3(l)} \longrightarrow 4HPO_{3(l)} + 2N_2O_5 \quad \Delta H = -180\ KJ$$

إذا علمت أن $\Delta H^0_f(HNO_3) = -174$ KJ/mol و $\Delta H^0_f(P_4O_{10}) = -2984$ KJ/mol و $\Delta H^0_f(N_2O_5) = -43$ KJ/mol.

الحل /

$$\Delta H^0_r = \Sigma\, n\Delta H^0_f\,(products) - \Sigma\, n\, \Delta H^0_f\,(Reactants)$$

$$\Delta H^0_r = [4\,\Delta H^0_f + 2(-43)] - [4(-174) + (-2984)]$$

$$-180 = 4\,\Delta H^0_f - 86 + 3680 \Rightarrow \quad 4\,\Delta H^0_f = -3774 \quad \Rightarrow \quad \Delta H^0_f = -\frac{\quad}{\quad}$$

$$\therefore \Delta H^0_f = -943.5\ KJ/mol$$

**س 1 – 19(أسئلة الفصل) /** في مسعر حراري وضع 2.6g من الاستيلين $C_2H_2$ الكتلة المولية له تساوي (26 g/mol) فوجد أن كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق تساوي 130 KJ.
أحسب انثالبية التكوين القياسية للاستيلين إذا علمت $\Delta H^0_f\ (H_2O) = -286\ KJ/mol$
و $\Delta H^0_f\ (CO_2) = -393.5\ KJ/mol$

الحـل /

نجد عدد مولات الاستيلين المحترقة

n = ─ = ── = 0.1 mole

لاحتراق مول واحد $\Delta H = \frac{\text{لاحتراق المولات في المسعر}}{\text{عدد المولات المحترقة}}$

$\Delta Hc\ (C_2H_2) = \frac{-130}{} = -\ 1300\ KJ/mol$

$C_2H_2 \quad + –\ O_2 \longrightarrow 2CO_2 \quad + \quad H_2O$

y     0     2× -393.5     -286

-787

$\Delta Hc = \Sigma\ n\Delta H^0_f\ (p) - \Sigma\ n\Delta H^0_f\ (R)$

$-1300 = [-787 - 286] - y$

$y = -1073 + 1300$

$y = +227\ KJ/mol \quad \Delta H^0_f\ (C_2H_2)$

٢٠١٣ تمهيدي

**ت 1 - 9 / (واجب)** يحترق البنزين $(C_6H_6)$ في الهواء ليعطي ثنائي أوكسيد الكاربون الغاز والماء السائل. أحسب $\Delta H^0_r$ لهذا التفاعل إذا علمت أن :

$\Delta H^0_f\ (C_6H_{6(l)}) = 49KJ/mol$ ، $\Delta H^0_f\ (CO_{2(g)}) = -394KJ/mol$

$\Delta H^0_f\ (H_2O_{(l)}) = -286KJ/mol$

ج/ -3271 KJ/mol



**ملاحظة :** حرارة تفكك أي مركب = حرارة تكوينه بعكس الإشارة

مثـال / حرارة تكوين سائل الماء = 286KJ-  ∴حرارة تفككه = +286KJ/mol

**س:وزاري / واجب** / أحسب حرارة التكوين القياسية لـ CO اذا علمت ان حرارة تفكك $CO_2$ هي 394 وحرارة التفاعل

$$CO + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta Hr = -283\ KJ$$

## العمليات التلقائية : Spontaneous Processes

س:عرف العمليات التلقائية واعط مثال لتفاعل تلقائي وغير تلقائي ؟

هي العمليات الكيميائية والفيزيائية التي يمكن أن تحدث تلقائياً عند ظروف معينة دون تأثير من أي عامل خارجي.

**الأمثلة :**

١- سقوط الماء من أعلى الشلال إلى الأسفل عملية تلقائية.

٢- انتقال الحرارة من الجسم الحار إلى الجسم البارد (عملية تلقائية).

٣- يصدأ الحديد تلقائياً عند تعرضه للأوكسجين والماء ولكن صدأ الحديد لا يمكن أن يتحول تلقائياً إلى حديد.

٤- يتفاعل الصوديوم بشدة مع الماء مكوناً $H_2$, NaOH ولكن $H_2$ لا يتفاعل مع NaOH ليكون الماء والصوديوم.

* التفاعل الذي يحدث عند خلط مواده المتفاعلة ليعطي النواتج دون تأثير عامل خارجي ليسمى مثل هذا التفاعل **بالتفاعل التلقائي**.

* أما التفاعل الذي لا يحدث إلا بتأثير عامل خارجي يسمى تفاعل **غير تلقائي**.

**س٢٩ (أسئلة الفصل)**/ أي من العمليات التالية تلقائية وأيهما غير تلقائية؟

الحل :

| | |
|---|---|
| أ- ذوبان ملح الطعام في الماء. | عملية تلقائية. |
| ب- تسلق قمة ايفرست. | عملية غير تلقائية. |
| ج- انتشار رائحة العطر في الغرفة بعد فتح قنينة العطر. | عملية تلقائية. |
| د- فصل الهيليوم والنيون من مزيج الغازات. | عملية غير تلقائية. |

**س/ ما السبب الذي يجعل بعض العمليات تحدث تلقائياً.(ما الذي يحدد التلقائية)**

ج/ لأن جميع العمليات التلقائية يرافقها انخفاض في طاقات النظام الكلية أي أن الطاقة النهائية أقل من الطاقة الابتدائية للنظام فيصبح أكثر استقرار.

* تميل نواتج العمليات التلقائية لأن تكون في أدنى مستوى للطاقة حيث $\Delta H$ سالبة والتفاعل باعث للحرارة.

*أغلب التفاعلات الباعثة للحرارة تفاعلات تلقائية

* توجد بعض التفاعلات التلقائية ولكنها ماصة للحرارة حيث $\Delta H$ موجبة.

$$2HgO_{(s)} \longrightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \quad \Delta H_r^o = 91KJ$$

* عملية تبخر الماء هي عملية ماصة للحرارة وهي عملية تلقائية.

* ذوبان كلوريد الامونيوم في الماء يحدث تلقائياً وهو عمليه ماصة للحرارة

**علل / معرفة $\Delta H$ لوحدها لا تحدد تلقائية التفاعل.**

ج/ أنها توضح فقط هل التفاعل باعث أو ماص للحرارة فإذا كانت قيمة $\Delta H$ موجبة فالتفاعل ماص للحرارة وإذا كانت قيمة $\Delta H$ سالبه فالتفاعل باعث للحرارة.

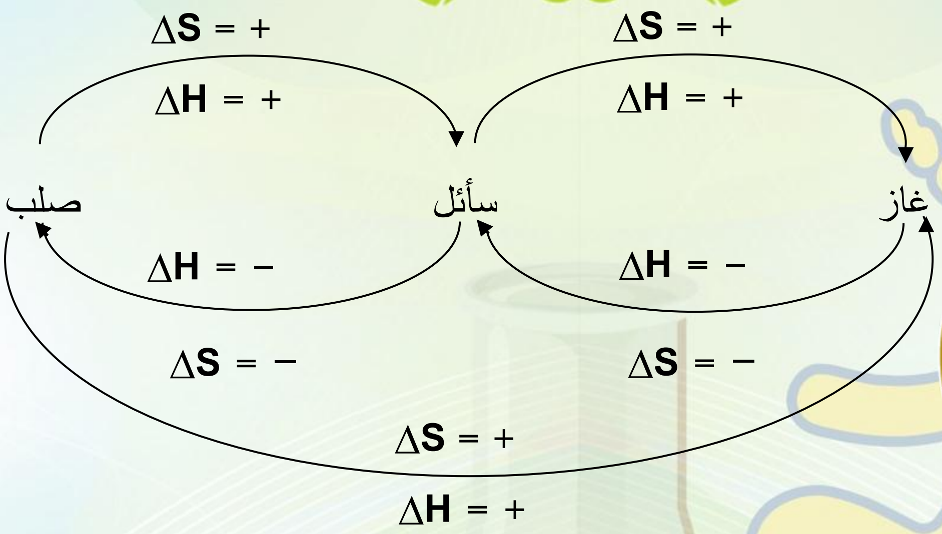
* لا يمكن أن نقرر بشكل مطلق فيما إذا كان التفاعل يحدث أو لا يحدث بشكل مبسط إذا كان باعثاً أو ماص للحرارة ولعمل هذا النوع من التوقع نحتاج إلى دالة ثرموداينمكية جديدة تسمى الانتروبي.

**الانتروبي** : **Entropy** (هي دالة ثرموداينميكية تعتبر مقياس درجة اللا أنتظام ويرمز له بالحرف S)

بما أن الانتروبي دالة حالة لذلك لا يمكن أن تقاس القيمة المطلقة لها وإنما يقاس التغير الحاصل في الانتروبي وحده الانتروبي هي J/K. mol

$$\Delta S = Sf - Si$$

في التحولات الفيزيائية أشارتي $\Delta H$ و$\Delta S$ متشابهه دائماً كما في المخطط الاتي




* عند ذوبان مادة صلبة في الماء تزداد العشوائية لذلك Δs ستكون موجبة.

* عملية تجمد الماء أو تكثف بخار الماء يؤدي زيادة في صفة الانتظام لذلك ΔS سالبة.

* عند ذوبان غاز في سائل ستقل العشوائية لذلك ستكون ΔS سالبة.

* إذا كانت عدد مولات غازات النواتج > عدد مولات غازات المتفاعلات ستزداد عشوائية النظام لذلك ΔS ستكون موجبة.

* عند تسخين جسم إلى درجة حرارة أعلى تزداد صفة اللاإنتظام (العشوائية) لذلك ستكون ΔS موجبة.

* الانتروبي S موجبة فقط بينما ΔS قد تكون موجبة أو سالبة

**<u>س/ علل</u> يزداد الانتروبي بالتسخين ج/ لان التسخين يؤدي الى**

١. زيادة الحركات الانتقالية للجزيئات

٢. زياده الحركة الدورانية والأهتزازية

٣. أزدياد انواع الطاقات المرتبطة جميعها بالحركة الجزيئية وعليه فان التسخين يزيد من عشوائية النظام لذا تزداد الانتروبية

**س/ يزاد الانتروبي عند ذوبان ماده صلبة أيونية مثل NaCl**

ج: لان الزيادة تحصل نتيجة عاملين ١. عملية تكون محلول (خلط المذاب مع المذيب)

٢.تفكك المركب الصلب الى أيونات

**<u>س/</u> وضح فيما إذا كان التغير في الانتروبي ΔS أكبر أو أقل من الصفر للعمليات الآتية :**

أ- تجمد كحول الأثيل.

ب- تبخر سائل البروم.

ج- ذوبان الكلوكوز في الماء.

د- تبريد غاز النتروجين من 80C° إلى 20C°.

<u>الحـل /</u>

أ- $\Delta s < 0$ بسبب انخفاض العشوائية.

ب- $\Delta s > 0$ بسبب زيادة العشوائية.

ج- $\Delta s > 0$ بسبب زيادة العشوائية.

د- $\Delta s < 0$ بسبب انخفاض العشوائية.

<u>س31 **(أسئلة الفصل)** /</u> كيف ستتغير انتروبي النظام (تزداد أم تقل) في كل مما يلي من العمليات :

<u>الحل :</u>

| | |
|---|---|
| أ- ذوبان مادة صلبة في مذيب | ستكون موجبة (تزداد) |
| ب- تجمد الماء | ستكون سالبة (تقل). |
| ج- تحول بخار إلى صلب | ستكون سالبة (تقل). |
| د- تكثف بخار الماء | ستكون سالبة (تقل). |
| هـ- تسامي مادة صلبة | ستكون موجبة (تزداد). |
| و- ذوبان اليوريا في الماء | ستكون موجبة (تزداد). |

<u>ت 1 - 10 /</u>**(واجب)** كيف تتغير انتروبي النظام للعمليات الآتية :

أ) تكثيف بخار الماء.

ب) تكوين بلورات السكر في محلوله فوق المشبع.

ج) تسخين غاز $H_2$ من 20c° إلى 80c°. ⟵ ٢٠١٤ د٣

د) تسامي اليود الصلب.

## <u>حساب الانتروبية القياسية للتفاعلات الكيميائية :</u>

$$\Delta S_r^o = \Sigma\, nS^o\,(products) - \Sigma\, nS^o\,(Reactants)$$

حيث n تمثل عدد المولات للمواد المتفاعلة والناتجة أما Σ فتعني مجموع.

**س / أحسب قيمة $\Delta S_r^o$ للتفاعل الآتي عند الظروف القياسية.**

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

إذا علمت أن $S^o_{(CO2)} = 214$ J/K.mol ، $S^o_{CO} = 198$ J/K.mol ، $S^o_{O2} = 205$ J/K.mol

الحـل /

$$\Delta S_r^o = \Sigma\, nS^o\,(products) - \Sigma\, nS^o\,(Reactants)$$

$$\Delta S_r^o = [\,2S^o_{(CO2)}\,] - [\,2S^o_{(CO)} + S^o_{(O2)}]$$

$$\Delta S_r^o = (2 \times 214) - [(2 \times 198) + 205]$$

$$\Delta S_r^o = -173 \text{ J/K.mol}$$

$S^o$ للعنصر الحر لايساوي صفر

**س27 (أسئلة الفصل)**/ أحسب $\Delta S^0_r$ للتفاعل الآتي عند درجة حرارة 25c° وضغط 1 atm.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$$

$S^0(N_2) = 192$ J/K.mol , $S^0(H_2) = 131$ J/K.mol

$S^0(NH_3) = 193$ J/K.mol

الحل /

$$\Delta S^0_r = \Sigma\, nS^0\,(products) - \Sigma\, n\,S^0\,(Reactants)$$

$$\Delta S^0_r = [2 \times 193] - [3 \times 131 + 192]$$

$$\Delta S^0_r = -199 \text{ J/mol.K}$$

**س32 (أسئلة الفصل)** أحسب $\Delta S^0_r$ للتفاعل التالي عند درجة حرارة 25c° وضغط 1 atm

1) $SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow SiO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)}$

إذا أعطيت المعلومات الآتية :

$S^0(SiH_4) = 206$ J/K.mol و $S^0(O_2) = 205$ J/K.mol

$S^0(SiO_2) = 42$ J/K.mol و $S^0(H_2O) = 70$ J/K.mol

الحل:

$\Delta S^0_r = \Sigma nS^0 (products) - \Sigma n S^0 (Reactants)$

$= (42 + 2 \times 70) - (206 + 2 \times 205)$

$\Delta S^0_r = 182 - 616 \quad \Rightarrow \quad \Delta S^0_r = -434$ J/K.mol

**س**33 (**أسئلة الفصل**)/ إذا علمت قيمة $\Delta S^0_r$ للتفاعل التالي 137J/K.mol عند درجة 25c° وضغط 1atm وأن قيم $S^0 (O_2) = 205$ J/K.mol ما هي قيمة $S^0$ للأوزون $O_3$. للتفاعل

الحل /

$2O_{3(g)} \longrightarrow 3O_{2(g)}$

$\Delta S^0_r = \Sigma nS^0 (products) - \Sigma n S^0 (Reactants)$

$137 = [(3 \times 205 - 2 \times S^0 (O_3)]$

$2 \times S^0 (O_3) = 615 - 137 \quad \Rightarrow \quad S^0 (O_3) = ——$

$S^0 (O_3) = 239$ J/K.mol

**ت** 1 - 11/ (**واجب**) أحسب التغير في الانتروبي المطلقة $\Delta S^0_r$ للتفاعل التالي عند الظروف القياسية 25C° وضغط 1atm :

$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2 O_{3(s)}$

إذا علمت أن :

$S^0 (Fe_2O_3) = 87$J/K.mol، $S^0 (O_2) = 205$J/K.mol

$S^0 (Fe) = 27$J/K.mol

ج/ **-549J/K.mol**

## Gibbs Free Energy : طاقةكبس الحرة

وجد العالم كبس سنة ١٨٠٠ علاقة تربط بين الانثالبي (H) والانتروبي (S) تساعدنا على معرفة تلقائية التفاعل بشكل أبسط من الاعتماد على استخدام قيم S,H كلاً على أنفراد. حيث أدخل العالم كبس دالة ثرموداينمكية جديدة سميت باسمه ((طاقة كبس الحره) ويرمز لها بالرمز G ويمكن تعريفها كما يلي ((**هي الطاقة العظمى التي يمكن الحصول عليها من قياس ΔH وΔS بثبوت درجة الحرارة والضغط، وأنها تمثل محصلة عاملي التغير في الانثالبية والتغير في الانتروبية وأنها تعتبر القوة المسيرة للعمليات في الطبيعة ومن ضمنها التفاعلات الكيميائية**)).

س/ أكتب علاقة كبس وماذا تعني إشارة طاقة كبس الحره؟

الحل / علاقة كبس هي $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ حيث T درجة الحرارة المطلقة، حيث ΔG = الطاقة الحره لكبس، ΔH = التغير في الانثالبي، ΔS = التغير في الانتروبي.

أ- إذا كانت ΔG سالبة أي ΔG < صفر فالتفاعل أو التغير الفيزيائي ((تلقائي)).

ب- إذا كانت ΔG موجبة أي ΔG > صفر فالتفاعل أو التغير الفيزيائي ((غير تلقائي)). أي يجري تلقائياً بالاتجاه المعاكس.

ج- إذا كانت قيمة ΔG = صفر (0) فإن التفاعل أو التغير الفيزيائي في حالة إتزان.

**طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل** $\Delta G^o_r$ : تمثل التغير في قيمة الطاقة الحرة للتفاعل عندما يجري تحت ظروف قياسية (25c°  وضغط 1 atm) وتساوي الفرق بين مجموع الطاقات الحرة للتكوين القياسية للنواتج ومجموع الطاقات الحرة للتكوين القياسية للمتفاعلات.

**طاقة كبس الحره للتكوين القياسية** $\Delta G^o_f$ : تمثل مقدار التغير في الطاقة الحرة عند تكوين مول واحد من أي مركب ومن تفاعل عناصره الأساسية بأثبت صورها عند (25C° وضغط 1 atm).

**ملاحظة : اعتبر $\Delta G^o_f$ للعنصر الحر = صفر (عندما يكون العنصر الحر بأثبت صوره).**

$$\Delta G_r^o = \Sigma\, n\Delta G^o_f\,(\text{products}) - \Sigma\, n\Delta G^o_f\,(\text{Reactants})$$

*** وحدة الطاقة الحرة للتكوين KJ/mole أو J/mol.**

س / جد قيمة $\Delta G_r^o$ للتفاعل الآتي عند (25c° وضغط 1 atm) وبين هل يحدث التفاعل تلقائياً أم لا.

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$

إذا علمت أن $\Delta G_f^o$ لـ (NO) = 87KJ/mol ولـ $NO_2$ = 52KJ/mol.

الحــل /

$$\Delta G_r^o = \Sigma\, n\Delta G^o_f\,(\text{products}) - \Sigma\, n\Delta^o_f\,(\text{Reactants})$$

$$= [(2 \times 52)] - [(2 \times 87) + 0]$$

$$= 104 - 174$$

$$\Delta G_r^o = -70\ \text{KJ}$$

بما أن قيمة $\Delta G_r^o$ سالبة

∴ التفاعل تلقائي

**س واجب** / أحسب طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل عند 25c° وضغط (1 atm) وبين هل التفاعل تلقائي أم لا.

$$2C_6H_{6(l)} + 15O_2 \longrightarrow 12CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

إذا علمت أن $\Delta G_f^o$ لـ $C_6H_{6(l)}$ = 125 KJ/mol ولـ $CO_{2(g)}$ = -394 KJ/mol

ولـ $H_2O_{(l)}$ = -237 KJ/mol

ج / $\Delta G_r^o$ = -6400 KJ

س/ التفاعل الآتي :

$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$

عند $25c^{\circ}$ وضغط (1 atm) وجد أن $\Delta G^{o}_{f}$ لـ HCl = -95 KJ/mol وأن $\Delta H^{o}_{f}$ لـ HCl = -92.5 KJ/mol ما قيمة $\Delta S^{o}_{r}$ له.

الحــل /

لإيجاد $\Delta G^{o}_{r}$ نطبق العلاقة الآتية :

$\Delta G_r^{o} = \Sigma\, n\Delta G^{o}_{f}\,(products) - \Sigma\, n\Delta G^{o}_{f}\,(Reactants)$

$\Delta G_r^{o} = 2 \times -95 - 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta G_r^{o} = -190\ KJ$

لإيجاد $\Delta H_r^{o}$ نطبق العلاقة الآتية :

$\Delta H_r^{o} = \Sigma\, n\Delta H^{o}_{f}\,(products) - \Sigma\, n\Delta H^{o}_{f}\,(Reactants)$

$\Delta H_r^{o} = 2 \times -92.5 - 0 \quad \Rightarrow \quad \Delta H_r^{o} = -185\ KJ$

لإيجاد $\Delta S_r^{o}$ نطبق علاقة كبس

$\Delta G_r^{o} = \Delta H_r^{o} - T\,\Delta S_r^{o}$

$-190 = -185 - 298 \times \Delta S_r^{o}$

$298 \times \Delta S_r^{o} = +5 \quad \Rightarrow \quad \Delta S_r^{o} = \frac{}{298} = 0.017\ KJ/K.mol$

**س1 – 15 أسئلة الفصل** / جد قيمة $\Delta G^{0}_{r}$ للتفاعل $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_2$ الذي يجري بالظروف القياسية إذا أعطيت المعلومات الآتية :

$\Delta H^{0}_{f}\,(CO_2) = -393.5\ KJ/mol$ و $\Delta H^{0}_{f}\,(CO) = -110.5\ KJ/mol$

$S^{0}(CO_2) = 214\ J/\ K\ mol$ و $S^{0}(CO) = 198\ J/\ K\ mol$ و $S^{0}(O_2) = 205\ J/\ K\ mol$

الحل /

نجد $\Delta H^0_f$ وكما يلي :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2CO | + $O_2$ | $\longrightarrow$ | $2CO_2$ |
| (2 × -110.5) | 0 | | (2 ×-393.5) |
| -221 | 0 | | -787 |

$\Delta H^0_r = \Sigma\, n\Delta H^0_f\,(p) - \Sigma\, n\Delta H^0_f\,(R)$

$= -787 + 221$

$\Delta H^0_r = -566$ KJ

نجد = $\Delta S^0_r$ وكما يلي :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2CO | + $O_2$ | $\longrightarrow$ | $2CO_2$ |
| (2×198) | 205 | | (2 ×214) |
| 396 | | | 428 |

$\Delta S^0_r = \Sigma\, nS^0\,(p) - \Sigma\, nS^0\,(R)$

$\Delta S^0_r = 428 - (205 + 396)$

$= 428 - 601$

$= -173$ J/K.mol          بالقسمة على 1000 للتحويل الى KJ

$\Delta S^0_r = -0.173$ KJ /K.mol

نجد $\Delta G^0_r$ وكما يلي :

$\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\,\Delta S^0_r$

$= -566 - (298 \times -0.173)$

$= -566 + 51.554$

$= -514.446$ KJ

س / جد $\Delta G_r^o$ للتفاعل الآتي عند $25c^o$ وضغط 1atm (٢٠١٥ د١ الفكرة ذاتها)

$$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

ومن خلال المعلومات الآتية :

| المادة | $\Delta H^o_f$ (KJ/mol) | $S^o$ J/K.mol |
|---|---|---|
| $C_2H_5OH_{(l)}$ | -278 | 161 |
| $O_{2(g)}$ | 0 | 205 |
| $CO_{2(g)}$ | -394 | 214 |
| $H_2O_{(l)}$ | -286 | 70 |

الحـل / نستخرج $\Delta H_r^o$

$\Delta H_r^o = \Sigma n\Delta H^o_f$ (products) - $\Sigma n\Delta H^o_f$ (Reactants)

$= [(2 \times -394) + (3 \times -286)] - [-278 + 3 \times (O)]$

$= -788 - 858 + 278 \quad \Rightarrow \quad \Delta H^o_r = -1368$ KJ/mol

نجد $\Delta S^o_r$

$\Delta S_r^o = \Sigma nS^o$ (products) - $\Sigma nS^o$ (Reactants)

$= [(2 \times 214) + (3 \times 70)] - [161 + (3 \times 205)]$

$\Delta S_r^o = 638 - 776 \quad \Rightarrow \quad \Delta S_r^o = = -138$ J/K.mol

$\therefore \Delta S_r^o = \frac{-}{\quad} = -0.138$ KJ/K.mol لتحويل J إلى KJ

$\Delta G_r^o = \Delta H_r^o - T\Delta S_r^o$

$\Delta G_r^o = -1368 - (298 \times -0.138)$

$\Delta G_r^o = -1368 + 41.124 \quad \Rightarrow \quad \Delta G_r^o = -1326.876$ KJ/mol

**س1 - 24 أسئلة الفصل**/ تتفكك كاربونات الكالسيوم حسب المعادلة الآتية :

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

قيمة $\Delta S^0_r$ للتفاعل (160 J/K.mol) فإذا علمت أن $\Delta H^0_f$ لكل من $CO_2$ و $CaO$ و $CaCO_3$ هي على التوالي بوحدات -393.5 KJ/mol و -635 و -1207 جد :

١) $\Delta H^0_r$ للتفاعل ثم أرسم مخطط للطاقة.

٢) $\Delta G^0_r$ للتفاعل.

٣) درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي.

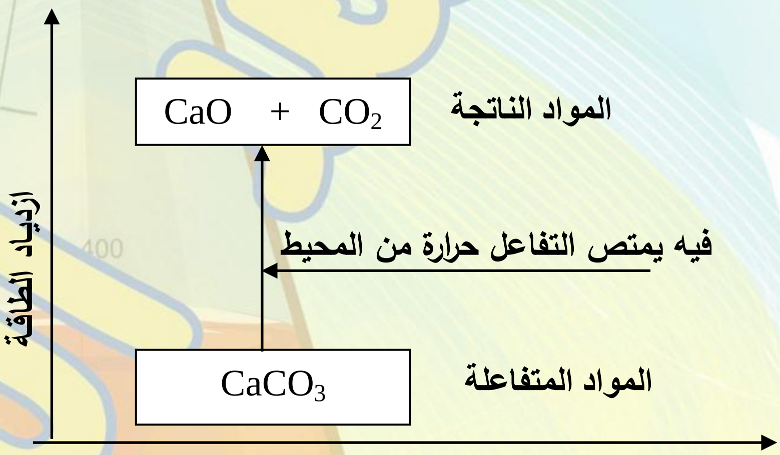
الحـل /

1) $\Delta H^0_r = \Sigma\, n\Delta H^0_f\,(p) - \Sigma\, n\Delta H^0_f\,(R)$

$= [-393.5 - 635] - [-1207]$

$= -1028.5 + 1207$

$\Delta H^0_r = +\,178.5$ KJ




تفاعل ماص للحرارة $\Delta H^0 = +\,178.5$ KJ/mol

2) $\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\,\Delta S^0_r$

$= +\,178.5 - (298 \times \text{——})$

$= +178.5 - 47.68$

$\Delta G^0_r = 130.82$ KJ

٣) ∵ التفاعل ماص للحرارة $\Delta H = +$ و $\Delta S = +$ عشوائية كبيرة

لذلك لكي يكون التفاعل تلقائي يجب أن تكون قيمة :

$$\Delta H < T\,\Delta S$$

$$178.5 < T \times 0.16$$

$$\text{——} < T$$

$$1115.6 < T$$

يكون التفاعل تلقائي يجب أن تكون درجة الحرارة أكبر من 1115.6K

**ت 1 - 13/ (واجب)** أحسب $\Delta G^0_r$ للتفاعل التالي عند الظروف القياسية (25c° وضغط 1atm)

$$C_5H_{12(l)} + 8O_2 \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O$$

حيث تم حساب $\Delta H^0_r$ للتفاعل من قيم انثالبي التكوين القياسية وكانت تساوي

$\Delta H^0_r = -3536\ KJ/mol$ وكذلك تم حساب $\Delta S^0_r$ وكانت تساوي $\Delta S^0_r = 374 J/k.mol$

**ج/ 3647 KJ -**

٢٠١٥ د٢

**ت 1 - 14/ (واجب)** أحسب قيمة التغير في الطاقة الحرة القياسية $\Delta G^0_r$ وبين هل التفاعل تلقائي أم لا للتفاعل الآتي :

$$HCOOH_{(l)} \longrightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(l)}$$

إذا كانت قيمة $\Delta H^0_r$ للتفاعل تساوي 16 KJ/mol والتغير في الانتروبي $\Delta S^0_r$ يساوي 234 J/K.mol.

**ج/ 53.7 KJ/mol-، تلقائي.**

## تطبيقات معادلة كبس واتجاه سير التفاعلات الكيميائية :

إن علاقة كبس الآتية $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

علاقة أو معادلة مهمة جداً عند تطبيقها على التفاعلات الكيميائية وذات علاقة وثيقة بالتغيرات التي تحدث في خواص النظام **وذلك** لأن استخدام قيم $\Delta G$ تغنينا عن أخذ التغيرات التي تحدث في الانثالبي والانتروبي.

**س/ ما هي العوامل المهمة والتي تؤثر على تلقائية التفاعل وحسب علاقة كبس.**

ج / **العامل الأول** : تكون تلقائية التفاعل أكثر احتمالاً إذا كانت طاقة المواد الناتجة قليلة حيث $\Delta H$ سالبة والتفاعل باعث للحرارة.

**العامل الثاني** : تكون تلقائية التفاعل أكثر احتمالاً عندما يتجه التفاعل على الأغلب إلى الحالة التي تكون فيها الانتروبي أعلى ما يمكن حيث $\Delta S$ موجبة وسبب ذلك يعود إلى وجود $\Delta S$ ضمن الحد $(-T\Delta S)$ لذلك قيمة $\Delta S$ الموجبة تساعد على جعل قيمة $\Delta G$ سالبة والتفاعل تلقائي.

س/ في ضوء علاقة كبس متى لا يؤثر تغير درجة الحرارة على تلقائية وعدم تلقائية التفاعل.

ج/ ١- **عندما تكون $\Delta H = -$ و$\Delta S = +$** فستكون $\Delta G$ سالبة دائماً والتفاعل تلقائي دائماً

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = (-) - (+) \Rightarrow \Delta G = -$$

$(-)$

التفاعل تلقائي دائماً

ولاتأثير لتغير درجة الحرارة عليه

٢- **عندما تكون $\Delta H = +$ و$\Delta S = -$** فستكون $\Delta G$ موجبة دائماً والتفاعل لا تلقائي دائماً

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = (+) - (-) \Rightarrow \Delta G = +$$

$(+)$

التفاعل لا تلقائي دائماً

**س / بين في ضوء علاقة كبس متى يكون التفاعل تلقائي**

$2HgO_{(s)} \longrightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$ $\quad 0 < \Delta H$

**الحـل /**

بما أن $\Delta H >$ صفر ∴ قيمة $\Delta H$ = موجبة والتفاعل ماص للحرارة

$\Delta S = +$ بسبب زيادة صفة اللاإنتظام (العشوائية)

$\Delta G = -$ لان التفاعل تلقائي

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = (+) - (+)$

$\Delta G = (-)$ والتفاعل تلقائي عندما $\Delta H < T\Delta S$

**س / بين هل التفاعل تلقائي أم لا وهل تغير درجة الحرارة يؤثر عليه. علماً أن التفاعل ماص للحرارة**

$3O_{2(g)} \longrightarrow 2O_{3(g)}$

الحل / $\Delta H = +$ لأنه ماص للحرارة

$\Delta S = -$ بسبب انخفاض العشوائية حيث عدد مولات غازات النواتج أقل

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = (+) - (-)$

$\Delta G = (+)$ قيمة $\Delta G$ موجبة دائماً والتفاعل لا تلقائي

وفي جميع درجات الحرارة والتفاعل العكسي (الخلفي) هو التلقائي أي أن تغير درجة الحرارة لا يؤثر على عدم تلقائية التفاعل.

**س / بين هل التفاعل تلقائي أم لا وهل لتغير درجات الحرارة تأثير عليه.**

**علماً أن التفاعل باعث للحرارة.**

$2H_2O_{2(l)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$

الحل /

$\Delta H = -$ لأنه باعث للحرارة، $\Delta S = +$ بسبب زيادة العشوائية

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = (-) - (+)$

$\Delta G = (-)\ (-)$ (والتفاعل تلقائي في جميع درجات الحرارة ولا تأثير لتغير درجة الحرارة عليه)

**س / بين متى يكون التفاعل الآتي تلقائياً وما تأثير تغير درجة الحرارة عليه.**

علماً أن التفاعل باعث للحرارة

$NH_{3(g)} + HCl_{(g)} \longrightarrow NH_4Cl_{(s)}$

الحل / $\Delta H = -$ لأنه باعث للحرارة، $\Delta S = -$ بسبب انخفاض العشوائية

$\Delta G = -$ لان التفاعل تلقائي

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = (-) - (-)$

$\Delta G = (-)\ (+)$

التفاعل تلقائي عندما $\Delta H > T\Delta S$ أي عند درجة الحرارة المنخفضة ويمكن تحويله إلى لا تلقائي عند رفع درجة الحرارة إلى أن يصبح $T\Delta S > \Delta H$

س٣٨ / علل ما يأتي في ضوء علاقة كبس $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

١- عملية انصهار الجليد تلقائية بالظروف الاعتيادية.

الحل / (٢٠١٣ د٣ و ٢٠١٥ د١)

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$$

$\Delta H$ = + لأن العملية ماصة للحرارة.

$\Delta S$ = + بسبب زيادة صفة اللاإنتظام (العشوائية)

$\Delta G$ = − لان التفاعل تلقائي

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$= (+) - (+)$$

$$\Delta G = (-)$$

في التغيرات الفيزيائية اشارة $\Delta H$ تشبه اشارة $\Delta S$

∴ التحول تلقائي − = $\Delta G$ عندما $\Delta H < T\Delta S$

٢- لا يتحلل الماء إلى عناصره الأولية بالظروف الاعتيادية.

الحل / (٢٠١٣د١ و ٢٠١٤ د٣ و ٢٠١٥ د٢)

$$H_2O_{(L)} \longrightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2} O_{2(g)}$$

$\Delta H = +$ عملية ماصة للحرارة

$\Delta S = +$ العشوائية كبيرة

$\Delta G = +$ لان التفاعل غير تلقائي

أغلب عمليات التفكك ماصة للحرارة

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = (+) - (+)$$

$$\Delta G = (+)$$

والعملية أو التفاعل غير تلقائي لأن : $T\Delta S < \Delta H$

٣- يذوب غاز ثنائي أوكسيد الكبريت في الماء تلقائياً ويبعث حرارة أثناء عملية ذوبانه.

الحل /

٢٠١٣ د٢ و ٢٠١٣ خارج القطر

$\Delta S = -$ بسبب انخفاض العشوائية

$\Delta H = -$ بسبب انبعاث حرارة

$\Delta G = -$ لان العملية تلقائيه

$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S$

$= (-) - (-)$

$(+)$

$\Delta G = (-) \Rightarrow \Delta H > T\,\Delta S$ والتفاعل تلقائي.

**٤- لا تتفكك كاربونات الكالسيوم بدرجات الحرارة الاعتيادية.**

٢٠١٥ د٢ و ٢٠١٦ تمهيدي

ج/ $\Delta H = +$ ماص للحرارة، $\Delta S = +$ زيادة في العشوائية

$$CaCO_{3(s)} \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

أغلب عمليات التفكك ماصة للحرارة

$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S$

$\Delta G = (+) - (+)$

$\Delta G = (+)$ $(-)$

التفاعل لا تلقائي لأن $\Delta H > T\Delta S$.

**٥- تفكك أوكسيد الزئبق II يكون تلقائي دائماً عند درجات الحرارة العالية.**

الحل / التفاعل ماص $(\Delta H = +)$ والعشوائية كبيرة $(+\Delta S)$

$$2HgO_{(s)} \longrightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$$

$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S$

$\Delta G = (+) - (+)$

$(-)$

$\Delta G = (-)$

رحلة التفوق في السادس
عطاء بلا حدود
A. M. Z

فعند درجات الحرارة العالية ستكون دائماً $\Delta H < T\Delta S$ سالبة والتفاعل تلقائي.

**ملاحظة: أغلب عمليات التفكك ماصة للحرارة**

س36(**أسئلة الفصل) /** جد درجة الحرارة التي ستصبح عندها التفاعلات التالية تلقائية إذا علمت قيم $\Delta H$ و $\Delta S$ لها.

**التفاعل A :**

$\Delta H = +126\ KJ/mol$ , $\Delta S = +48\ J/K.\ mol$

**التفاعل B :**

$\Delta H = -12\ KJ/mol$ , $\Delta S = -105\ J/K.\ mol$

الحل /

**التفاعل A :** ∵ $\Delta H$ و $\Delta S$ موجبة ولكي يكون التفاعل تلقائي يجب أن تكون :

$\Delta H < T\Delta S$

∴ $T > \frac{}{}$

$\frac{}{48} < T \Leftarrow \frac{}{} < T$

$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S$

$\Delta G = (+) - (+)$ → $(-)$

$\Delta G = (-)$

$\Delta H < T\Delta S$

∴ $T > 2625$

∴ سيكون التفاعل تلقائي عند درجة حرارة أكبر من 2625 K

**التفاعل B :** ∵ إشارتي $\Delta H$ و $\Delta S$ سالبة ولكي يكون التفاعل تلقائي يجب أن تكون :

$\Delta G = \Delta H - T\,\Delta S$

$\Delta G = (-) - (-)$ → $(+)$

$\Delta G = (-)$

$T\Delta S < \Delta H$

$T\,\Delta S < \Delta H \Rightarrow T < \frac{}{}$

$T < \frac{-12}{-105} \Rightarrow T < \frac{-}{-0}$

$\therefore T < 114.285K$

∴ لكي يكون التفاعل تلقائي يجب أن تكون درجة الحرارة اقل من 114.3K.

**س37 (أسئلة الفصل) /** من قيم $\Delta H$ و $\Delta S$ تنبأ بأي التفاعلين التاليين سيكون التفاعل تلقائياً عند درجة $25c^{\circ}$ وضغط $1\ atm$ .

**التفاعل A :** $\Delta H = 11\ KJ/mol$ و $\Delta S = 30\ J/K.mol$

**التفاعل B :** $\Delta H = 2\ KJ/mol$ و $\Delta S = 113\ J/K.mol$ ⟵ ١د ٢٠١٤

إذا لم يكن أي من التفاعلين تلقائياً عند درجة حرارة $25c^{\circ}$ وضغط $1\ atm$ .

فبأي درجة حرارة قد يكونا تلقائيين ؟

**الحل /**

**التفاعل A :**

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

$$\Delta G^0 = 11 - 298 \times \frac{30}{\quad} \rightarrow \Delta G^0 = 11 - 8.94$$

$\therefore \Delta G^0 = 2.06\ \ KJ$ ∴ التفاعل غير تلقائي.

**التفاعل B :**

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

$$= 2 - 298 \times \frac{\quad}{\quad}$$

$$= -31.674\ \ KJ$$

∴ التفاعل تلقائي لأن إشارة قيمة $\Delta G^0$ سالبة.

التفاعل الأول غير تلقائي (تفاعل A) ولكي يكون التفاعل تلقائي يجب أن تكون :

$$T\Delta S > \Delta H \quad \Rightarrow \quad T > \frac{\quad}{\quad}$$

$$T > \frac{\quad}{\quad} \quad \Rightarrow \quad T > 366.666\ K$$

**س واجب:** في ضوء علاقة كبس علل

١- ذوبان ملح الطعام عملية تلقائية وهي ماصة للحرارة

٢- عملية انجماد الماء غير تلقائية في الظروف الاعتيادية وهل يمكن تحويلها الى تلقائي

وزاري 2015 تمهيدي

## حساب انتروبي التغيرات الفيزيائية :

يرمز لانثالبي التبخر بالرمز $\Delta H_{(vap)}$ ولانثالبي الانصهار بـ $\Delta H_{(fus)}$ وأن **درجة الحرارة** والتي عندها تتحول المادة من حالتها الصلبة إلى الحالة السائلة تسمى **بدرجة حرارة الانصهار** (Tm) حيث m من melting وتعني انصهار. أما درجة الحرارة التي تتحول عندها المادة من حالتها السائلة إلى حالتها الغازية (البخار) فتسمى بدرجة الغليان Tb حيث b (Boiling) وتعني غليان.

* عند درجة الانصهار والغليان يحدث عندها الاتزان بين ضغط بخار الماء (الصلب أو السائل) والضغط الجوي لذلك ستكون قيمة $\Delta G$ = صفر لذلك تصبح علاقة كبس

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad \Rightarrow \quad 0 = \Delta H - T\Delta S \quad \Rightarrow \quad T\Delta S = \Delta H$$

ومنها نحصل على :

$$\Delta S_{tr} = \frac{\quad}{\quad}$$

حيث (tr) من transition وتعني انتقال لذلك تكون المعادلة عند درجة الانصهار كما يلي :

$$\Delta S_{fus} = \frac{\quad}{\quad}$$

أما عندما تحدث عملية تبخر عند درجة الغليان فتكتب المعادلة بالشكل الآتي :

$$\Delta S_{vap} = \frac{\quad}{\quad}$$

### علاقة تروتن Trouten Rule :

تستخدم علاقة أو معادلة تروتن لحساب انثالبي التبخر للسوائل من معرفة درجة حرارة الغليان

والعلاقة هي :

$$\frac{\Delta H_{vap}}{T} = 85 \text{ J/K.mol}$$

وقد لاحظ العالم تروتن أن قيمة $\Delta S_{vap}$ لأغلب السوائل تساوي 85 J/K.mol بسبب تشابه تركيب هذه السوائل وحركة الجزيئات فيها وتشابه تركيب أبخرتها وحركة الجزيئات فيها.

ويستخدم عندما لايعطى أو يطلب

س واجب: بماذا تستخدم علاقة تروتن

**س /** احسب انثالبي التبخر $\Delta H_{vap}$ للهكسان $C_6H_{14}$ عند الاتزان بوحدة KJ/mol إذا علمت أن درجة غليانه تساوي 69C°.

**الحل /** ٢٠١٣ خارج القطر ٢٠١٤ د٢

$T = 69 + 273 = 342K$

$\Delta S = \frac{}{}$ $\Rightarrow$ $85 = \frac{}{}$

$= 85 \times 342$ $\Rightarrow$ $= 29070\ J/mol$

$\therefore\ \Delta H_{vap} = \frac{290}{} = 29.070\ KJ/mol$

**س /** إذا علمت أن ΔH لانصهار الجليد = 6KJ فما قيمة ΔS؟

$T = 0 + 273 = 273$

$\Delta S = \frac{(fus)}{}$ $\Rightarrow$ $\Delta S = \frac{}{} = 0.021\ KJ/mol.K$

| |
|---|
| الجليد ينصهر عند 0 C° أو 273 K |
| الماء ينجمد عند 0 C° أو 273 K |
| الماء يغلي عند 100 C° أو 373 K |

**س /** جد الدرجة الحرارية المئوية التي يغلي عندها $CCl_4$ إذا علمت أن ΔS لتبخر $CCl_4$ تساوي 88.2J/K.mol عند درجة غليانه وأن ($\Delta H_f$ لسائل $CCl_4$ = -137.9KJ/mol) و $\Delta H_f$ لبخار $CCl_4$ يساوي (-107 KJ/mol).

**الحل /**

$CCl_{4(l)}$ $\quad$ $CCl_{4(g)}$

-137.9 $\quad$ -107

$\Delta H_r = \Sigma\, n\Delta H_r\,(products) - \Sigma\, n\Delta H_r\,(Reactants)$

$\Delta H_r = -107 - (-137.9)$ $\Rightarrow$ $\Delta H_r = 30.9\ KJ$

$\Delta S_{vap} = \frac{}{}$ $\Rightarrow$ $T(k) = \frac{.9}{}$ $\Rightarrow$ $T(k) = 350\ K$

$T(c) = T(k) - 273$

$= 350 - 273 = 77c°$

**ت 1 - 15** /(**واجب**) أحسب التغير في الانتروبي للتحول الآتي :

$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$ $\Delta H_{vap} = 44KJ/mol$

عند درجة غليان الماء 100c°.

٢٠١٣د٢ و ٢٠١٤ د١ و ٢٠١٥ د٢

**ج/ 118 J/K.mol**

## حـل أسئلـة الفصـل الأول (الثرموداينمك)

**س١ / عرف المصطلحات الآتية : النظام، المجموعة، النظام المفتوح، دالة الحالة، النظام المعزول، النظام المغلق، القانون الأول الثرموداينميكي.**

الحـل /

**النظام** : هو ذلك الجزء من الكون الذي نهتم بدراسته يَتكون من المادة أو المواد المشتركة في حدوث تفاعل كيميائي أو تغير فيزيائي.

**المجموعة** : يطلق على النظام والمحيط بالكون أو المجموعة

(الكون) = النظام + المحيط.

**النظام المفتوح** : هو النظام الذي فيه الحدود بين النظام والمحيط تسمح بتبادل مادة النظام وطاقته مثل إناء معدني مفتوح يحتوي على ماء مغلي.

**دالة الحالة** : هي تلك الخاصية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن الطريق أو المسار الذي تم من خلاله التغير.

**النظام المعزول** : هو النظام الذي حدوده لا تسمح بتبادل لا الطاقة ولا المادة مع المحيط مثل الترموس.

**النظام المغلق** : هو النظام الذي حدوده تسمح بتبادل الطاقة ولا تسمح بتبادل المادة مع المحيط مثل إناء معدني مغلق يحتوي على ماء مغلي.

**القانون الأول الثرموداينميكي** : ((الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل إلى آخر)).

س٢ / ما هي وحدات الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس بالوحدات الدولية SI.

الحـل /

**وحدات الانثالبي :**

أ- في حالة انثالبية التفاعل وحدته جول أو كيلو جول.

ب- في حالة انثالبية التكوين أو الاحتراق وحدته J/mol أو KJ/mol

**وحدة الانتروبي :** وحدته J/K.mol

**وحدات طاقة كبس :**

أ- في حالة طاقة كبس للتفاعل J أو KJ

ب- في حالة طاقة كبس للتكوين الحرة J/mol أو KJ/mol.

س٣ / ما المقصود بالتعابير الآتية : الكيمياء الحرارية، عملية باعثة للحرارة، عملية ماصة للحرارة.

الحـل /

**الكيمياء الحرارية** : علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة أو المنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيميائية.

**عملية باعثة الحرارة** : هي العملية التي عند حدوثها تبعث حرارة وتكون فيها طاقة المواد المتفاعلة أكبر من طاقة المواد الناتجة لذلك في هذه العملية تتحول الطاقة من النظام إلى المحيط وتكون فيها قيمة $\Delta H$ سالبة.

**عملية ماصة للحرارة** : هي العملية التي لا تحدث إلا بامتصاص حرارة من المحيط إلى النظام وتكون فيها طاقة المواد المتفاعلة أقل من طاقة المواد الناتجة لذلك قيمة $\Delta H$ موجبة.

# رحلة التفوق في السادس

الله اكبر

عطاءٌ بلا حدود

A. M. Z

# أضواء على الكيمياء
## للصف السادس

# الفصل الثاني
# الاتزان الكيميائي



اعداد الاستاذ

## أحمد النداوي

خاص وحصري لرحلة التفوق في السادس

@ رحلة التفوق في السادس

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

انطلاقا من قول المصطفى (ص): ((زكاة العلم نشرهُ وتعليمهُ))

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بين ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السادس الأعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير.

إذ أن شبكتنا لاتقتصر عاى نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشر الدروس المرئية المجانية لأكفأ التدريسيين بالأضافة الى مجموعة قنواتنا التدريسية وكذلك الأرشادات والنصائح وطرق الدراسة الصحيحة هذا من جهة. اما من جهة أخرى فهو كسر لشوكة بعض المحسوبين على الكادر التدريسي ممن يرفضون نشر ملازمهم والتعاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

علماً ان كادر الشبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشباب العراقي الواعي المثقف بالأضافة الى تعاون بعض المدرسين الكرام كما واننا غير تابعين لأي جهة كانت رسمية او غير رسمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت آملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

كادر شبكة رحلة التفوق في السادس

٢٠١٥/٨/٢١

ا.د : اشرف الوائلي

ا.د : مينا الاحمد

# الفصل الثاني
# الاتزان الكيميائي

تقسم التفاعلات من حيث اتجاه التفاعل إلى :

**أ- التفاعلات غير الانعكاسية (تامة) Irreversible reactions:**

((هي التفاعلات التي يتم فيها عند ظروف معينة استهلاك تام لأحد أو جميع المواد المتفاعلة، ولا يكون للمواد الناتجة عند ظروف التفاعل نفسها القدرة على أن تتفاعل لتكوين المواد التي تكونت منها والتفاعلات تسير باتجاه واحد)).

**الأمثلة /**

١-عند احتراق البنزين بصورة تامة ينتج غاز $CO_2$ وبخار الماء وهذه العملية غير انعكاسية فمن الصعب أو المستحيل تتمكن من إعادة $CO_{2(g)}$ و $H_2O_{(g)}$ إلى بنزين مرة أخرى.

٢-تفاعل $H_2SO_4$ كمحلول مع محلول NaOH وتكون ملح كبريتات الصوديوم وماء

$$H_2SO_{4(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} + 2H_2O$$

**ب- التفاعلات الانعكاسية (غير تامة) Reversible reactions :**

((هي التفاعلات الكيميائية التي يتم فيها تحول المواد المتفاعلة إلى نواتج في بداية التفاعل ويكون للمواد الناتجة المقدرة على أن تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد التي تكونت منها مرة أخرى وتمثل بسهمين متعاكسين)).

**الأمثلة /**

1) $H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

2) $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

3) $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$

2013 د٣

**حالة الاتزان (الاتزان الكيميائي):** هي حالة توازن ديناميكي بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعلات الانعكاسية عندها سرعة التفاعل الأمامي ($R_f$) تساوي سرعة التفاعل الخلفي ($R_b$) وتظهر التفاعلات عندها وكأنها قد توقفت لكنها في الحقيقة لا تزال مستمرة وتجري وفي كلا الاتجاهين.

**علل (واجب) /** تتوقف بعض التفاعلات تماماً بينما تظهر تفاعلات أخرى وكأنها متوقفة.

2013 د٢

تقسم التفاعلات الانعكاسية من حيث الطور إلى :

**أ- التفاعلات الانعكاسية المتجانسة Reversible homogenous :**

هي التفاعلات التي تكون فيها المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في طور واحد وهذه التفاعلات تجري في وعاء أو نظام 2013 تمهيدي

**مثـــال /**

1- $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

2- $HCOOH_{(l)} + CH_3OH_{(l)} \rightleftharpoons HCOOCH_{3(l)} + H_2O_{(l)}$

3- $Zn_{(s)} + S_{(s)} \rightleftharpoons ZnS_{(s)}$

**ب- التفاعلات الانعكاسية غير المتجانسة :**

2013 د١

هي التفاعلات التي تكون بها المواد المتفاعلة والناتجة في أكثر من طور.

$$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

**قانون فعل الكتلة :** ((عند ثبوت درجة الحرارة فإن سرعة التفاعل الكيميائي في أي اتجاهٍ كان تتناسب طردياً مع التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كلاً منها مرفوع إلى أس يمثل عدد المولات الموضوع أمام كل مادة في المعادلة الكيميائية الموزونة)).

2013 د٢

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \underset{K_b}{\overset{K_f}{\rightleftharpoons}} 2HI_{(g)}$$

$R_f = K_f [H_2] [I_2]$

$R_b = K_b [HI]^2$

**ثابت الاتزان Equilibrium constant : ((Keq)) :**

النسبة بين ثابت التناسب لسرعة التفاعل الأمامي $K_f$ وثابت التناسب لسرعة التفاعل الخلفي $K_b$.

$$Keq = \frac{Kf}{Kb}$$

س/ وزاري/ في تفاعل متزن وجد ان ثابت سرعة التفاعل الامامي يساوي 0.036 وثابت سرعة التفاعل الخلفي يساوي 0.009 فان ثابت الاتزان يساوي ..............

مثال: التفاعل المتزن الأتي

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

وجد ان ثابت سرعة التفاعل الامامي Kf يساوي 0.11 وثابت سرعة التفاعل الخلفي Kb يساوي 0.05 أحسب ثابت الاتزان Keq للتفاعل

<u>الحل:</u>

$$Keq = \frac{Kf}{Kb} \longrightarrow Keq = \frac{0.11}{0.05} = 2.2$$

2014 د1

ت 2-1/ (واجب) تفاعل ما متزن ثابت الاتزان له $K_{eq}$ يساوي 4.24 وثابت سرعة التفاعل الخلفي $K_b$ يساوي (0.02). أحسب ثابت سرعة التفاعل الأمامي $K_f$.

ج / 0.0848

---

Keq

Kp
ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية

Kc
ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية



**<u>ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية</u>** $K_C$: بأنه حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة عند حالة الاتزان مقسوماً على حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة عند الاتزان كل منها مرفوع لأس يمثل عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]^1[H_2]^3}$$

ويطبق على الغازات g وعلى المحاليل المائية aq

**ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية $K_p$** بأنه (حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوماً على حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد المتفاعلة عند الاتزان كل منها مرفوع إلى أس يمثل عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة).

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

$$K_p = \frac{(PNH_3)^2}{(PN_2)^1(PH_2)^3}$$

يطبق على التفاعلات في الحالة الغازية g

* إن قيمة ثابت الاتزان قيمة ثابتة عند ثبوت درجة الحرارة ولا تتأثر بتغير التراكيز أو الضغط لتفاعل معين.

أما في حالة التفاعلات غير المتجانسة والتي تحتوي على مواد بأكثر من طور واحد فيحذف عند كتابة ثابت الاتزان له المواد الصلبة والسائلة النقية.

$$2NaHCO_{3(s)} \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$$

$K_c = [H_2O][CO_2]$

$K_p = (P_{CO_2})\ (P_{H_2O})$

*علل تحذف التراكيز المولارية للمواد الصلبة S والسائلة النقية L من علاقة ثابت الاتزان

ج/لأن تراكيزها تبقى ثابتة مهما تغيرت كميتها حتى وإن تغير الحجم فإن النسبة بين كمية هذه المواد إلى الحجم ستبقى ثابتة.

* كذلك عند التعبير عن $K_p$ فإن المادة السائلة النقية والمادة الصلبة والمحلول المائي لا تكتب بالعلاقة $K_p$، وإن ضغط $CO_2$ و $H_2O$ عند الاتزان يبقى ثابت عند درجة الحرارة نفسها ولا يتأثر باختلاف كمية $NaHCO_{3(s)}$ في المثال أعلاه.

س / أكتب ثوابت الاتزان للتفاعلات التالية بدلالة التراكيز المولارية

$2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$

$$K_c = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2}$$

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightleftharpoons CaCl_{2(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

$$K_c = \frac{[CaCl_2]\,[CO_2]}{[HCl]^2}$$

س / أكتب ثوابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية للتفاعلات الآتية :

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

$$K_p = \frac{P^2(NH_3)}{P^3H_2 \times PN_2}$$

$$2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)}$$

$$K_p = \frac{1}{P(O_2)}$$

س / أكتب $K_c$ و $K_p$ (إن أمكن) للتفاعلات الآتية :

$$C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$K_c = \frac{[C_6H_5COO-][H^+]}{[C_6H_5COOH]}$ , $K_p = X$ لا يوجد

$$3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$$

$$K_c = \frac{[O_3]^2}{[O_2]^3}$$

$$K_p = \frac{P^2O_3}{P^3O_2}$$

ت 2-2 / (واجب) أكتب ثوابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية $K_c$ وثوابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية $K_p$ للتفاعلات التالية إن أمكن.

1) $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$

2) $3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$

3) $H_2O_{(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$

4) $C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$

5) $2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(l)}$

س: جد قيمة Keq للتفاعل الاتي $C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)} \overset{\Delta}{\rightleftharpoons} 2CH_{4(g)}$

اذا علمت ان التراكيز في درجة حرارة معينة عند حصول الاتزان هي $[H_2] = 0.143\ M$

$C_2H_2 = 0.05\ M$ و $CH_4 = 0.02\ M$

الحل:

$$Kc = \frac{[C_2H_2]\ [H_2]^3}{[CH_4]^2} \longrightarrow Kc = \frac{[0.05]\ [0.143]^3}{[0.02]^2} = 0.37$$

س: (واجب) جد قيمة Keq للتفاعل الاتي عند $100\ C^o$ $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ اذا علمت ان التراكيز لمواد التفاعل عند حصول الاتزان هي كالاتي

$$[N2O4] = 0.002\ M \qquad [NO2] = 0.017\ M$$

ج: 6.92

أملأ الفراغ الأتي(واجب)

في التفاعل المتزن الاتي $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ وبدرجات حرارة معينة أذا كانت قيمة Kp =3 والضغط الجزئي لغاز $NO_2$ يساوي 3 atm فان الضغط الجزئي لغاز $N_2O_4$ = .........

## العلاقة بين Kc و Kp :

تطبق هذه العلاقة على التفاعلات المتجانسة الغازية وعلى التفاعلات غير المتجانسة والتي تحتوي على غاز.

أما $K_p = K_c (RT)^{\Delta ng}$

أو $K_c = K_p (RT)^{-\Delta ng}$ ← اذا كانت $\Delta ng$ سالبة يفضل أستخدام

حيث : $K_p$ ثابت التوازن بدلالة الضغوط الجزئية.

$K_c$ ثابت التوازن بدلالة التراكيز المولارية.

$R = 0.082\ L.atm/k.mol$ ← يحفظ لايعطى في السؤال

T = درجة الحرارة المطلقة (مئوية + 273).

$$\Delta n_{(g)} = \Sigma n_g\ (products) - \Sigma n_g\ (Reactants)$$

* تتوقف العلاقة بين $K_c$ و $K_p$ على قيمة $\Delta n_{(g)}$ كما يلي :

١- عندما تكون $\Delta n_{(g)} = 0$ فإن $K_c = K_p$

٢- عندما تكون $\Delta n_{(g)} > 0$ أي موجبة فإن قيمة $K_p >$ قيمة $K_c$

٣- عندما تكون $\Delta n_{(g)} < 0$ أي سالبة فإن قيمة $K_c >$ قيمة $K_p$.

# أذا كانت $\Delta n_{(g)} = +$ فان

$K_C........K_p$

# في التفاعل الأتي $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

$Kc\ ........K_p$

## (امثلة حسابية)

س / لتفاعل معين $\Delta n_{(g)} = -1$ و $K_c = 4.1$ بدرجة حرارة $227c°$ فما قيمة $K_p$ لهذا التفاعل.

الحل /

$T = 227 + 273 \Rightarrow T = 500\ K$

$K_p = K_c\ (RT)^{\Delta ng} \Rightarrow K_p = 4.1\ (0.082 \times 500)^{-1}$

$K_p = 4.1 \times (41)^{-1} \Rightarrow K_p = \frac{4.1}{41} = 0.1$

تمرين (2-7) أحسب قيمة $K_c$ للتفاعل المتزن عند 500c° إذا علمت أن قيمة $K_p$ للتفاعل نفسه وعند نفس درجة الحرارة تساوي $15 \times 10^{-6}$

$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

$\Delta n_{(g)} = 2 - 4 = -2$

$T = 273 + 500 = 773\ K$

$K_c = K_p\ (RT)^{-\Delta n(g)}$

$K_c = 15 \times 10^{-6}\ (0.082 \times 773)^2$

$K_c = 15 \times 10^{-6}\ (63.386)^2$

$K_c = 15 \times 10^{-6} \times 4017.78$

$K_c = 10^{-6} \times 60266.7$

$K_c = 60.2667 \times 10^{-3}$

2013 تمهيدي

س / افترض حصول الاتزان للتفاعل الآتي عند 300K

$NH_4HS_{(s)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$

ووجد أن الضغوط الجزئية لكل من غازي النواتج عند حصول الاتزان تساوي 0.3 atm أحسب $K_p$ و$K_c$ للتفاعل.

$K_p = P_{NH_3} \times P_{H_2S} \Rightarrow K_p = 0.3 \times 0.3 = 0.09$

$\Delta n_{(g)} = 2 - 0 = 2$

$K_c = K_p\ (RT)^{-\Delta n(g)} \Rightarrow K_c = 0.09\ (0.082 \times 300)^{-2} = 1.5 \times 10^{-4}$

تمرين (2-8) إذا كانت $K_c$ تساوي 1.6 عند 1000c° للتفاعل الآتي :

$C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$

أحسب ضغط CO الجزئي في حالة الاتزان عندما يكون الضغط الجزئي في تلك الحالة لغاز $CO_2$ يساوي 0.1 atm.

الحل /

$\Delta n = 2 - 1 = 1$

$K_c = K_p\ (RT)^{-\Delta n(g)}$

$1.6 = K_p\ (0.082 \times 1273)^{-1}$

$1.6 = K_p\ (104.386)^{-1}$

$$1.6 = \frac{K_p}{104.386} \Rightarrow K_p = 1.6 \times 104.386$$

$$K_p = 167.017$$

$$K_p = \frac{P^2CO}{P_{CO2}} \Rightarrow 167.017 = \frac{P^2CO}{0.1}$$

$$P^2CO = 16.7$$

$$Pco = 4.08 \text{ atm}$$

***عندما يعطى في السؤال ضغوط جزئية والمطلوب $K_c$ فاستخرج $K_p$ ثم حوله إلى $K_c$ بالعلاقة بينهما.**

**<u>(20-2 أسئلة الفصل)</u> للتفاعل المتزن : $NiO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(S)} + CO_{2(g)}$ بدرجة حرارة 727c° وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد أن ضغط غاز CO في الفرن يساوي 304 Torr والضغط الكلي يساوي 1 atm ما ثابت الاتزان $K_c$ للتفاعل. (معلومة : ).**

**الحل:**

$$NiO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + CO_{2(g)}$$

عند الاتزان 0.4 0.6

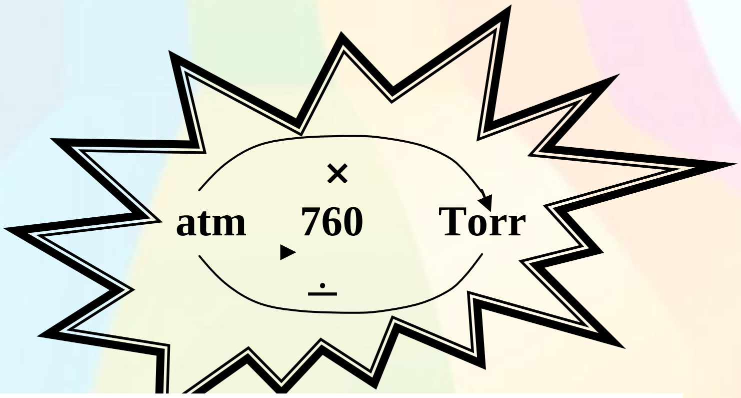
$$P_{CO} = \frac{304}{760} = 0.4 \text{ atm}$$

$$P_T = Pco_2 + P_{co} \Rightarrow 1 = Pco_2 + 0.4 \Rightarrow P_{co2} = 0.6$$

$$K_p = \frac{P_{co2}}{P_{co}} \Rightarrow K_p = \frac{0.6}{0.4} = 1.5$$

$$\Delta n = 1 - 1 = 0$$

$$\therefore K_c = K_p = 1.5$$



(س2-12 واجب أسئلة الفصل) التفاعل التالي يجري بدون عامل مساعد :

$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

وعند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان وجد أن الضغوط الجزئية $P_{NO2}$ = 1.56 atm و $P_{N2O4}$ = 0.377 atm عند درجة حرارة 100c° أحسب :

١- $K_p$ و $K_c$ للتفاعل.

٢- ماذا يحدث للضغوط الجزئية للغازات في خليط الاتزان بعد إضافة العامل المساعد.

ج / 6.46 ، 0.21.

# أمثلة حسابية حول ثابت الإتزان

**الحالة الأولى : عندما تكون المواد المتفاعلة والناتجة في حالة توازن نطبق علاقة ثابت الإتزان مباشرة لإيجاد $K_{eq}$.**

مثال : خليط غازي متزن يحتوي على 4 mole من AB و 2 mol من كل من $A_2$ و$B_2$ جد قيمة $K_C$ ، $K_P$ عند ثبوت درجة الحرارة. علماً أن الوعاء حجمه (1L).

$A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2AB$

الحل :

$A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2AB$

عند الاتزان 2 2 4

$M = \frac{n}{V_{(L)}} \Rightarrow M = \frac{4}{1} = 4\ M$

$M = \frac{n}{V_{(L)}} \Rightarrow M = \frac{2}{1} = 2\ M$

$K_c = \frac{[AB]^2}{[A][B]}$

$K_c = \frac{[4]^2}{[2]\times[2]} \Rightarrow K_c = \frac{16}{4} \Rightarrow K_c = 4$

$\Delta n = \sum n_{(P)} - \sum n_{(R)} \Rightarrow \Delta n = 2 - 2 \Rightarrow \Delta n = 0$

إذا كانت $\Delta n$ = صفر $K_P = K_C \Leftarrow K_P = 4$



**الحالة الثانية : عندما تكون تراكيز أحد المواد الناتجة أو جميعها تساوي (صفر) قبل التفاعل. فالتفاعل يتجه باتجاه النواتج (الصفر) فتقل تراكيز المتفاعلات وتزداد تراكيز النواتج.**

- في هذه الحالة يمر التفاعل في ثلاث مراحل للوصول إلى حالة الاتزان.
- مثال

$2AB \rightleftharpoons A_2 + B_2$

| | $2AB$ | $A_2$ | $B_2$ |
|---|---|---|---|
| قبل التفاعل | 1 | 0 | 0 |
| التغير | - 2 x | + x | + x |
| عند الاتزان | 1 – 2x | x | x |

يكون اتجاه التفاعل باتجاه الصفر

الفرضية

مثال 2−5 : في التفاعل الآتي $H_{2\,(g)} + I_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2\,HI_{(g)}$

خلط 0.5 mol من $H_2$ و 0.5 mol من $I_2$ في وعاء حجمه لتر ودرجة حرارة 430°C وصل التفاعل إلى حالة الاتزان فوجد أن ثابت الاتزان $K_C$ لهذا التفاعل يساوي 5.29 إحسب تراكيز المواد التي تمثل مزيج الإتزان.

الحل :

| | $H_2$ | + $I_2$ | $\rightleftharpoons$ 2 HI |
|---|---|---|---|
| قبل التفاعل | 0.5 | 0.5 | 0 |
| التغير | - x | - x | + 2x |
| عند الاتزان | 0.5 - x | 0.5 - x | 2 x |

$M = \frac{n}{V}$ $\quad M = \frac{0.5}{1}$ $\quad M = 0.5\ M$

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

$$5.29 = \frac{[2x]^2}{[0.5-x][0.5-x]}$$

$$5.29 = \frac{[2x]^2}{[0.5-x]^2}$$ بجذر الطرفين

$$2.3 = \frac{2x}{0.5-x} \Rightarrow 1.15 - 2.3\,x = 2x$$

$$4.3\,x = 1.15 \Rightarrow x = 0.26$$

$$[H_2][I_2] = 0.5 - 0.26 = 0.24\ mol/L$$

$$[HI] = 2 \times 0.26 = 0.52\ mol/L$$

أساسيات كتابة الفرضية

**مثال 2−6 : في أحد التجارب العملية أدخل 0.625 mol من غاز $N_2O_4$ في وعاء سعته 5 L فتفكك الغاز حسب التفاعل التالي ودرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان وجد تركيز $N_2O_4$ يساوي 0.025 mol/L إحسب قيمة $K_C$.**

$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$$

**الحل :**

نجد التركيز المولاري $M = \frac{n}{V} \Rightarrow M = \frac{0.625}{5} = 0.125\ M$

| | $N_2O_4$ | $\rightleftharpoons$ | $2NO_2$ |
|---|---|---|---|
| قبل التفاعل | 0.125 | | 0 |
| التغير | -x | | +2x |
| عند الاتزان | 0.125 – x | | 2x |

0.125 – x ← المتبقي

$0.125 - x = 0.025$

$X = 0.10\ M$

$[NO_2] = 2x = 2 \times 0.10$

$= 0.20\ M$

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \Rightarrow K_c = \frac{[0.20]^2}{[0.025]} = 1.6$$

**بعض المصطلحات التي تساعدنا في حل مسائل الفرضية (مهم)**

| $A_2$ | + | $B_2$ | $\rightleftharpoons$ | 2AB |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | 1 | | 0 |
| 1 – x | | 1 – x | | 2x |

- (1 – x) → وجد أنه / أصبح / يساوي / انخفض الى / المتبقي
- (x) → المستهلك / المتفاعل / متفكك / مقدار التغير / مقدار النقص
- (2x) → المتكون / ازداد بمقدار

تمرين 2−4 : التفاعل الآتي :

$H_{2\,(g)} + Br_{2\,(g)} \rightleftharpoons 2\,HBr_{(g)}$

وضع في إناء حجمه لتر واحد 0.4 mol من كل $H_2$ و $Br_2$ بدرجة حرارة 425°C إحسب تراكيز المواد التي تكون خليط الاتزان إذا علمت أن ثابت الاتزان لهذا التفاعل $K_C$ يساوي 0.25.

الحل :

| | $H_{2\,(g)}$ | $Br_{2\,(g)}$ | $\rightleftharpoons$ $2\,HBr_{(g)}$ |
|---|---|---|---|
| قبل التفاعل | 0.4 | 0.4 | 0 |
| التغير | -X | -X | +2X |
| الاتزان | 0.4 – X | 0.4 –X | 2X |

$M = \frac{n}{V}$

$M = \frac{0.4}{1} = 0.4\ M$

$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$

$0.25 = \frac{[2x]^2}{[0.4-x]^2}$ بجذر الطرفين $0.5 = \frac{2x}{0.4-x}$

$0.2 - 0.5x = 2x \Rightarrow 0.2 = 2.5\,x$

$x = \frac{0.2}{2.5} \Rightarrow x = 0.08$

$[H_2]\ [Br_2] = 0.4 - 0.08 = 0.32\ M$

$[HBr] = 2x \Rightarrow 2 \times 0.08 = 0.16$



2014 د3

تمرين 2−5 : التفاعل الآتي : $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$ وضع في إناء حجمه لتر 0.8 mole من غاز $CO_2$ وبدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان وجد أن نصف كمية الغاز قد تفككت أحسب $K_c$.

الحل :

| | $2CO_{2(g)}$ | $\rightleftharpoons$ $2CO_{(g)}$ | + $O_{2(g)}$ |
|---|---|---|---|
| قبل التفاعل | 0.8 | 0 | 0 |
| التغير | -2x | +2x | x |
| الإتزان | 0.8 – 2x | 2x | x |

كل $0.4 = 2x$

$0.2 = x$

2x

نصف كمية الغاز 0.4

0.8 – 0.4 = 0.4

$$K_c = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2} \Rightarrow K_C = \frac{[2x]^2[x]}{[0.8-2x]^2}$$

$$K_C = \frac{[0.4]^2[0.2]}{[0.4]^2} \Rightarrow K_C = 0.2$$

س واجب : أدخل 1 mole من غاز الفوسجين $COCl_2$ في إناء حجمه لتر بدرجة حرارة معينة وعند وصول حالة الاتزان $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$ وجد أن عدد مولات $COCl_2$ في الإناء 0.8 mol احسب $K_C$.

ج: 0.05

**مثال 2−7 : افترض أن درجة الحرارة $227C°$ للتفاعل الغازي الآتي :**

$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

**وفي وعاء مغلق حجمه لتر واحد وجد أن ضغط غاز $SO_3$ قبل تفككه يساوي 3 atm وعند بلوغ حالة الاتزان وجد أن الضغط الكلي لخليط الغازات يساوي (4) atm أحسب $K_c$ عند نفس درجة الحرارة.**

| | $2SO_3$ | $\rightleftharpoons$ | $2SO_2$ + | $O_2$ |
|---|---|---|---|---|
| قبل التفاعل | 3 | | 0 | 0 |
| التغير | - 2X | | + 2X | + X |
| التوازن | 3 – 2X | | 2X | X |
| | 3 – 2 = 1 | | 2 | 1 |

**حسب قانون دالتون: الضغط الكلي لمزيج من الغازات يساوي مجموع الضغوط الجزئية شرط ان لايحدث تفاعل بينهما**

**الضغط الكلي** $P_T = P_{O_2} + P_{SO_2} + P_{SO_3}$

$$4 = x + 2x + (3 - 2x)$$

$$X = 1$$

$$K_p = \frac{P^2_{SO2} \times P_{O2}}{P^2_{SO3}} \Rightarrow \frac{(2)^2(1)}{(1)^2} \Rightarrow K_p = 4$$

$$\Delta n_{(g)} = 3 - 2 = 1$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n(g)} \Rightarrow K_c = 4\,(0.082 \times 500)^{-1}$$

$$K_c = 4 \times (41)^{-1} \Rightarrow K_c = \frac{4}{41} = 0.1$$

تمرين 2−6 : في التفاعل الغازي الآتي $3H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

وضعت مولات مختلفة من $H_2$ و $N_2$ في إناء سعته لتر وعند وصول التفاعل حالة التوازن وجد أن ما استهلك من $H_2$ يساوي 0.3 mol وما تبقى من $N_2$ يساوي 0.2 mole ما عدد مولات كل من $H_2$ و $N_2$ قبل التفاعل، علماً أن $K_c$ يساوي 200 ؟

الحل :

| | $3H_2$ | + $N_2$ | $\rightleftharpoons$ $2NH_3$ |
|---|---|---|---|
| التراكيز الابتدائية | y | z | 0 |
| التغير في التراكيز | - 3x | - x | +2x |
| الإتزان | y - 3x | z - x | 2x |
| | ⇓ | ⇓ | ⇓ |
| | y – 0.3 | z – 0.1 | 0.2 |

المستهلك (3x = 0.3)

المتبقي 0.2 (z – 0.1)

* يمكن معرفة قيمة x من حلال معرفة التركيز المستهلك لـ $H_2$ حيث كل $0.3 = 3x$

$\therefore\ x = \frac{0.3}{3} = 0.1$

* لإيجاد عدد مولات $N_2$

$z - 0.1 = 0.2$

$\therefore\ z = 0.3\ mol\ N_2$

* نجد عدد موت $H_2$ باستخدام $K_C$

$$K_c = \frac{[0.2]^2}{[y-0.3]^3[0.2]}$$

$$200 = \frac{[0.2]^2}{[y-0.3]^3[0.2]} \Rightarrow [y-0.3]^3 = \frac{0.2}{200}$$

$[y - 0.3]^3 = 0.001$ بالجذر التكعيبي

$y - 0.3 = 0.1 \Rightarrow y = 0.4\ mol\ H_2$

س واجب: في التفاعل الغازي الآتي : $2A + B \rightleftharpoons 3C$

في إناء حجمه لتر وضع 3 mol من B وكميات غير متساوية من A وC وعند وصول التفاعل حالة الإتزان وجد أنه يحتوي على 2 mol من كل من A و B إحسب عدد مولات A وC قبل بدء التفاعل علماً أن $K_C = 27$

ج / A = 4 mol ، C = 3 mol

2013 د١ 2014 د٢

<u>( 2–11 أسئلة الفصل)</u> عند تسخين غاز NOCl النقي إلى درجة 240c° في إناء مغلق حجمه لتر يتحلل حسب المعادلة :

$$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

وعند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان وجد أن الضغط الكلي لمزيج الاتزان يساوي 1 atm والضغط الجزئي لغاز NOCl يساوي 0.64 atm أحسب :

١– الضغوط الجزئية لكل من غازي $Cl_2$ و NO عند الاتزان.

٢– ثابت الاتزان $K_c$ للتفاعل عند نفس درجة الحرارة.

$$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| y | 0 | 0 | قبل التفاعل |
| -2x | +2x | +x | التغير في التراكيز |
| y – 2x | 2x | x | الإتزان |

الضغط الكلي $P_T = P_{NoCl} + P_{NO} + P_{Cl2} \Rightarrow 1 = 0.64 + 2x + x$

$\therefore 3x = 0.36 \Rightarrow x = \frac{0.36}{3} \Rightarrow x = 0.12$ atm

$\therefore P_{Cl_2} = 0.12$ , $P_{NO} = 2 \times 0.12 = 0.24$ atm

$$Kp = \frac{Pcl_2 \times P^2No}{P^2NoCl}$$

$$Kp = \frac{(0.12) \times (0.24)^2}{(0.64)^2}$$

$$Kp = \frac{0.12 \times 0.0576}{0.4096}$$

$$Kp = \frac{0.006912}{0.4096}$$

$Kp = 0.0168$

$T = 240 + 273 = 513$

$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n(g)}$

$K_c = 0.0168 (0.082 \times 513)^{-1}$

$K_c = 0.0168 (42.066)^{-1}$

$$= \frac{0.0168}{42.066}$$

$$K_c = \frac{168 \times 10^{-4}}{42066 \times 10^{-3}} = 3.993 \times 10^{-4}$$

$K_c = 4 \times 10^{-4}$

(12−2) أسئلة الفصل) التفاعل التالي يجري بدون عامل مساعد :

$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

وعند وصول التفاعل إلى حالة الاتزان وجد أن الضغوط الجزئية $P_{NO_2}$ = 1.56 atm و $P_{N_2O_4}$ = 0.377 atm عند درجة حرارة 100c° أحسب :

أ− $K_p$ و $K_c$ للتفاعل.

ب− ماذا يحدث للضغوط الجزئية للغازات في خليط الاتزان بعد إضافة العامل المساعد.

$N_2O_{4\,(g)} \rightleftharpoons 2\,NO_2$

$$K_p = \frac{P^2_{NO_2}}{P_{N_2O_4}} \Rightarrow \quad K_p = \frac{(1.56)^2}{0.377} = \frac{2.4336}{0.377} = 6.455 \cong 6.46$$

$$K_C = K_p\,(RT)^{-\Delta n\,(g)} \Rightarrow \quad K_c = 6.45\,(0.082 \times 373)^{-1}$$

$$K_C = \frac{6.45}{30.58} = 0.21$$

ب− لا يؤثر إضافة العامل المساعد على الضغوط الجزئية للمتفاعلات والنواتج.

(13−2) أسئلة الفصل) التفاعل المتزن : $A_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)}$

من خلال الجدول التالي، أحسب $K_p$ و $K_c$ للتفاعل بدرجات الحرارة المختلفة ثم بين هل التفاعل ماص أم باعث للحرارة.

| | A/ (mole/L) | B/ (mole/L) | درجة الحرارة /C° |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.0125 | 0.843 | 200 |
| 2 | 0.171 | 0.764 | 300 |
| 3 | 0.250 | 0.724 | 400 |

الحل :

١) عند 200°C

$A_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)}$ $\Delta n_{(g)} = 1$

**0.0125 0.843**

$$K_c = \frac{[B]^2}{[A]} \Rightarrow K_c = \frac{[0.843]^2}{0.0125} = \frac{0.711}{0.0125} = 56.88$$

$$K_p = K_C (RT \Rightarrow K_p = 56.88\,(0.082 \times 473)^1$$

$$K_p = 2206.14$$

٢) عند **300°C**

$$K_c = \frac{[B]^2}{[A]} \Rightarrow K_c = \frac{[0.764]^2}{[0.171]} = \frac{0.583}{0.171} = 3.41$$

$$K_p = K_C (RT)^{\Delta n} \Rightarrow K_p = 3.41\,(\,0.082 \times 573)^1$$

$$K_p = 160.22$$

٣) عند **400°C**

$$K_c = \frac{[B]^2}{[A]} \Rightarrow K_c = \frac{[0.724]^2}{[0.250]} = 2.396$$

$$K_p = K_C (RT)^{\Delta n} \Rightarrow K_p = 2.396\,(\,0.082 \times 673)$$

$$K_p = 132.225$$

*** نلاحظ أنه عند ارتفاع درجة الحرارة إن قيمة ثابت التوازن قد قلت وهذا يعني أن التفاعل باعث للحرارة**

باعث $\rightleftharpoons$ ماص

**(2–18 أسئلة الفصل) للتفاعل المتزن : $A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)}$ وجد أنه عند وضع مول من $A_2$ في إناء التفاعل حجمه لتر واحد عند (STP) يصل التفاعل حالة الاتزان فوجد أنه يتحلل 1% من $A_2$، ما قيمة $K_c$ للتفاعل؟ وما تركيز A الذي يكون في حالة اتزان مع 0.01M من $A_2$ وعند ظروف التفاعل نفسها؟**

الحل / النسبة المئوية للتحلل = $\frac{[المتحلل]}{[الاصلي]}$ × 100%

$$A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)}$$

| | $A_{2(g)}$ | $2A_{(g)}$ |
|---|---|---|
| | 1 | 0 |
| عند الاتزان | 1-x | 2x |
| | 1 - 0.01 | 0.02 |
| | 0.99 | |

$$1\,\% = \frac{X}{1} \times 100\%$$

$$x = 0.01$$

$$K_c = \frac{(2\times10^{-2})^2}{0.99} = \frac{4\times10^{-4}}{0.99} = 4\times10^{-4} \cong 4\times10^{-4}$$

| | $A_2$ | $\rightleftharpoons$ | $2A$ |
|---|---|---|---|
| عند التوازن | 0.01 | | X |

$$K_c = \frac{[A]^2}{0.01} \Rightarrow 4\times10^{-4} = \frac{[A]^2}{0.01}$$

بجذر الطرفين $[A]^2 = 4\times10^{-6} \Rightarrow [A] = 2\times10^{-3}$ M

(2−19 أسئلة الفصل) للتفاعل المتزن الآتي : $3A_{(g)} \rightleftharpoons aB_{(g)}$ وجد أن ثابت الاتزان $K_c$ يساوي 147.6 وبدلالة $K_p$ يساوي 6 بدرجة حرارة 27c° جد قيمة a في المعادلة.

الحل / $3A \rightleftharpoons aB$

$$K_c = K_p\,(RT)^{-\Delta n(g)} \Rightarrow 147.6 = 6\,(0.082\times300)^{-\Delta n}$$

$$147.6 = 6\,(24.6)^{-\Delta n} \Rightarrow (24.6)^{-\Delta n} = \frac{147.6}{6} = 24.6$$

$$\therefore (24.6)^{-\Delta n} = (24.6)^1$$

$$\Delta n = -1$$

$$a-3 = -1$$

a = 2 عدد مولات a في المعادلة

2014 تمهيدي

(2−21 أسئلة الفصل) في التفاعل المتزن الغازي : $PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$ وجد أنه ضغط $PCl_3$ الجزئي في الاناء المغلق ضعف ضغط $Cl_2$ الجزئي وعند وصول التفاعل إلى موضع الاتزان بدرجة حرارة معينة وجد أن ضغط $Cl_2$ يساوي 1 atm فإذا علمت أن $K_p$ للتفاعل يساوي $\frac{1}{6}$ فما ضغطا غازي $Cl_2$ و $PCl_3$ في بداية التفاعل.

**الحل /**

| | $Pcl_{3(g)}$ + | $Cl_{2(g)}$ ⇌ | $Pcl_5$ |
|---|---|---|---|
| | 2y | y | 0 |
| | -x | -x | +(x) |
| | 2y - x | y - x | x |
| عند الاتزان | y+1 | 1 | y - 1 |

$y - x = 1$

$y = 1 + x$

أو $x = y - 1$

$$K_p = \frac{P_{pcl5}}{P_{cl2} \times P_{pcl3}}$$

$$\frac{1}{6} = \frac{(y-1)}{1(y+1)} \Rightarrow y+1 = 6y - 6$$

$$5y = 7 \Rightarrow y = \frac{7}{5} = 1.4 \text{ atm}$$

$$\therefore Pcl_2 = 1.4 \text{ atm}$$

$$P_{pcl3} = 2y = 2 \times 1.4 = 2.8 \text{ atm}$$

رحلة التفوق في السادس

عطاءٌ بلا حدود

A. M. Z

(2−24 أسئلة الفصل) للتفاعل المتزن : $CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$ وفي إناء حجمه لتر واحد تم خلط مولات متساوية من $CO_2$ و $H_2$ وبدرجة حرارة 2000K وصل التفاعل حالة الاتزان فوجد أن عدد المولات الكلية لخليط الغازات عند الاتزان تساوي 3 mole، ما تراكيز خليط الاتزان علماً أن ثابت الاتزان $K_c$ يساوي 4 ؟

الحل /

| $CO_{2(g)}$ | + | $H_{2(g)}$ | ⇌ | $CO_{(g)}$ | + | $H_2O_{(g)}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| y | | y | | 0 | | 0 |
| -x | | -x | | x | | x |
| y - x | | y - x | | x | | x |
| 1.5 - x | | 1.5 - x | | x | | x |

$3 = (y-x) + (y-x) + x + x$

$3 = 2y - 2x + 2x$

$y = \frac{3}{2} = 1.5$

$K_c = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]} \Rightarrow 4 = \frac{x^2}{(1.5-x)^2}$

$2 = \frac{x}{1.5-x} \Rightarrow 3 - 2x = x \Rightarrow 3=3x$

$x = \frac{3}{3} \Rightarrow x = 1$

$\therefore [CO],[H_2O] = 1$ mole, $[CO_2] = [H_2] = 0.5$ mol /L



(25-2 أسئلة الفصل) للتفاعل المتزن غير المتجانس : $CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$

بدرجة حرارة 800c° وجد أن ضغط $CO_2$ عند الاتزان يساوي 0.235 atm، أحسب $K_c$ للتفاعل عند درجة الحرارة نفسها.

الحل /

$CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$

$\Delta ng = 0-1 \longrightarrow = -1$

$K_p = \frac{1}{P_{co2}} \Rightarrow K_p = \frac{1}{0.235} = 4.255$

$K_c = K_p (RT)^{-\Delta ng}$

$K_c = 4.255 (0.082 \times 1073)^{+1}$

$K_c = 374.38$

$T_K = tc° + 273$

$T_K = 800 + 273$

$T_K = 1073$

(2−26 أسئلة الفصل) وضع 4g من غاز HF في وعاء مغلق حجمه 2L عند درجة حرارة 27c° وترك الوعاء المغلق يتفكك حتى تم الاتزان الكيميائي حسب المعادلة الآتية :

$2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$

فإذا كان $K_p$ للتفاعل يساوي 1.21 ، أحسب الضغط الجزئي لغاز HF عند الاتزان علماً بأن الكتلة المولية للغاز تساوي 20g/mole.

الحل/

$$M = \frac{m}{M \times V}$$

$$\therefore M = \frac{4}{20 \times 2}$$

$$= 0.1\ mol/L$$

نحوله إلى ضغط

$$P_{HF} = M \times R \times T$$

$$= 0.1 \times 0.082 \times 300$$

$$= 2.46\ atm$$

| $2HF$ | $\rightleftharpoons$ | $H_2$ | + | $F_2$ |
|---|---|---|---|---|
| 2.46 | | 0 | | 0 |
| -2x | | x | | x |
| 2.46 - 2x | | x | | x |

$$K_p = \frac{P_{H2} \times P_{F2}}{P_{HF}^2}$$

$$1.21 = \frac{x^2}{(2.46-2x)^2}$$

$$1.1 = \frac{x}{2.46-2x} \Rightarrow 2.706 - 2.2x = x$$

$$3.2\,x = 2.706 \Rightarrow x = \frac{2.706}{3.2} = 0.845 \cong 0.85$$

$$P_{HF} = 2.46 - 2x$$

$$= 2.46 - 2(0.85)$$

$$= 2.46 - 1.70$$

$$= 0.76\ atm$$

**(27-2 أسئلة الفصل) إذا كانت درجة تفكك مول واحد $N_2O_4$ إلى $NO_2$ هي 20% عند درجة حرارة 27c° وضغط 1 atm وفي إناء حجمه لتر واحد، أحسب قيمة $K_p$ للتفاعل.**

**(معلومة : درجة التفكك المئوية تساوي الجزء إلى الكل مضروباً في 100).**

**الحل /**

بما أن الحجم لتر واحد

∴ عدد المولات = التركيز المولاري

النسبة المئوية للتفكك = $\frac{\text{المتفكك}}{\text{الابتدائي}} \times 100\%$

$20\% = \frac{[x]}{[1]} \times 100\%$

$\therefore x = \frac{20}{100} = 0.2M$

| | $N_2O_4$ | $\rightleftharpoons$ | $2NO_2$ |
|---|---|---|---|
| التراكيز الابتدائية | 1 | | 0 |
| التغير | -x | | +2x |
| عند الاتزان | 1 - x | | 2x |
| | 1 - 0.2 | | (2 x 0.2) |
| | 0.8 | | 0.4 |

$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \Rightarrow K_c = \frac{(0.4)^2}{0.8} = \frac{0.16}{0.8}$

$\therefore K_c = 0.2$

$K_c = K_p (RT)^{-\Delta ng}$

$0.2 = K_p (0.082 \times 300)^{-1}$

$0.2 = \frac{K_p}{24.6} \Rightarrow K_p = 0.2 \times 24.6$

$K_p = 4.92$

**أهميـة ثابـت الاتـزان** : من خلال معرفة القيمة العددية لثابت الاتزان يمكن :

أ- تحديد اتجاه التفاعل.

ب- بيان العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة.

*** تحديد اتجاه التفاعل من معرفة قيمة ثابت الاتزان** :

أ- إذا كانت قيمة ثابت الاتزان أكبر بكثير من الواحد (كبيرة جداً) ستكون النواتج أكبر بكثير من المواد المتفاعلة لذلك يقال أن الاتزان يميل نحو اليمين أو يسير باتجاه واحد تقريباً هو الاتجاه الأمامي.

ب- إذا كانت قيمة ثابت الاتزان أصغر بكثير من الواحد (صغيرة جداً) ستكون النواتج أصغر بكثير من المواد المتفاعلة لذلك يقال أن الاتزان يميل نحو اليسار أو يسير بالاتجاه الخلفي أي باتجاه واحد تقريباً وهو الخلفي.

ج- إذا كانت قيمة ثابت الاتزان تساوي واحد الصحيح أو قريب منه فهذا يعني أن تراكيز النواتج والمتفاعلات متساوية تقريباً والتفاعل في حالة اتزان

س / من قيم ثوابت الاتزان $K_c$ لكل من التفاعلات التالية وضح حالة الاتزان لها.

1- $2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$ $K_c = 1.1 \times 10^{-81}$

2- $CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_2$ $K_c = 0.99$

3- $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons + 2HCl_{(g)}$ $K_c = 4.4 \times 10^{32}$

الحل /

١/ قيمة ثابت الاتزان صغيرة جداً لذلك فإن تراكيز النواتج قليلة جداً والمتفاعلات عند الاتزان كبيرة جداً لذلك يعتبر لا يحدث أو يكاد لا يحدث من الناحية العملية.

٢/ قيمة ثابت الاتزان مقاربة للواحد الصحيح لذلك فعند الاتزان تكون تراكيز النواتج والمتفاعلات متقاربة.

٣/ قيمة ثابت الاتزان كبيرة جداً لذلك فإن تراكيز النواتج عند التوازن كبيرة جداً (والمتفاعلات ضئيلة جداً والتي بقيت دون تفاعل) لذا من الناحية العملية فإن هذا التفاعل يكاد أن يكون تاماً.

**واجـب س /** من قيم ثوابت الاتزان $K_c$ لكل من التفاعلات الآتية وضح حالة الاتزان لها.

1- $2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$ $\qquad K_c = 1 \times 10^{-95}$

2- $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$ $\qquad K_c = 8 \times 10^{25}$

3- $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ $\qquad K_c = 1.1$

**الحل**

## العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة :

1– عند عكس معادلة تقلب قيمة $K_c$.

**مثـال /**

$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$ $\qquad K c_1 = 10$

عند عكس المعادلة $\qquad 2C_{(g)} \rightleftharpoons A_{(g)} + B_{(g)}$ $\qquad Kc_2 = \frac{1}{10}$

2– عند ضرب معادلة تفاعل معين (برقم ما) فإن ثابت الاتزان الجديد يساوي ثابت الاتزان الأول مرفوع إلى أس يساوي ذلك الرقم.

**الأمثلة :**

A- $\frac{1}{2} A_2 + \frac{1}{2} B_2 \rightleftharpoons AB_{(g)}$ $\qquad Kc_1 = 3$

عند ضرب المعادلة × 2 ينتج

$A_{2(g)} + B_{2(g)} \rightleftharpoons 2AB$ $\qquad Kc_2 = (3)^2 = 9$

B- $\frac{1}{3} A_{(g)} + \frac{1}{3} B_{(g)} \rightleftharpoons C$ $\qquad Kc_1 = 2$

عند ضرب المعادلة × 3 ينتج

$A_{(g)} + B_{(g)} \rightleftharpoons 3C$ $\qquad Kc_2 = (2)^3 = 8$

3- عند قسمة معادلة تفاعل معين (على رقم ما) فإن ثابت الاتزان الجديد يساوي جذر ذلك الرقم لثابت أتزان التفاعل الأول

مثال :

$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)} \quad Kc_1 = 49$

بالقسمة على 2 ينتج

$\frac{1}{2} H_{2(g)} + \frac{1}{2} I_{2(g)} \rightleftharpoons HI_{(g)} \quad Kc_2 = \sqrt{49} = 7$

4- إذا كان التفاعل ناتجاً من مجموع عدد من التفاعلات فإن ثابت الاتزان للتفاعل الكلي يساوي حاصل ضرب ثوابت الاتزان لكل التفاعلات التي ينتج عن مجموعها.

س / جد قيمة Kc للتفاعل الآتي : $A_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)}$

ومن خلال معرفة التفاعلات الآتية :

1) $\frac{1}{2} A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)} \quad Kc_1 = \frac{1}{10}$

2) $4\,B_{(g)} \rightleftharpoons 2C \quad Kc_2 = 25$

الحل /

نقارن المعادلة المراد معرفة $K_c$ لها مع المعادلات المعطاة ونجعلها تبع للمعادلة المراد معرفة $K_c$ لها بضرب المعادلة الأولى ×2

3) $A_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)} \quad K_c = \frac{1}{100}$

وبقسمة المعادلة الثانية على 2

4) $2B_{(g} \rightleftharpoons C_{(g)} \quad K_c = \sqrt[2]{25} = 5$

بالجمع

$A_{(g)} \rightleftharpoons C_{(g)} \quad K_c = 0.01 \times 5 = 0.05$

**ت 2- 10** للتفاعل : $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ ثابت الاتزان له $K_p = 0.39$ بدرجة حرارة 227c°. فما قيمة $K_c$ للتفاعل $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ بدرجة الحرارة نفسها. ج / 0.0625.

الحل

نجد Kc للتفاعل $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$

$T_K = 227 + 273 = 500\ K$

$\Delta n_{(g)} = 1 - 2 = -1$

$K_c = K_p\,(RT)^{-\Delta n(g)}$

$K_c = 0.39\ (0.082 \times 500)^1$

$K_c = 15.9 \cong 16$

$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4 \qquad Kc_1 = 16$

$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2 \qquad Kc_2 = \frac{1}{16}$

**2−14(أسئلة الفصل)** يتزن التفاعل الآتي : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$ عند درجة $377c°$ وقيمة ثابت الاتزان $K_c$ تساوي 1.96، أحسب قيم ثوابت الاتزان للتفاعلات التالية وبنفس درجة الحرارة.

أ− $2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$

ب− $\frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)} \rightleftharpoons NH_{3(g)}$

ج− $NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)}$



الحل /

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \qquad K_c = 1.96$

أ− بعكس المعادلة ينتج :

$2NH_3 \rightleftharpoons N_2 + 3H_2 \qquad K_c = \frac{1}{1.96} = 0.51$

ب− بقسمة المعادلة الأساسية على 2

$\frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \rightleftharpoons NH_3 \qquad K_c = \sqrt{1.96} = 1.4$

ج− بعكس المعادلة وقسمتها على 2

$NH_3 \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_2 + \frac{3}{2}H_2 \qquad K_c = \sqrt{0.51} = 0.714$

(2−15أسئلة الفصل) ثابت الاتزان يساوي $4.2 \times 10^{-7}$ للتفاعل المتزن :

$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$

و$K_c$ يساوي $4.7 \times 10^{-9}$ للتفاعل :

$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CO_3^{-2} + Ca^{+2}$

و$K_c$ يساوي $4.8 \times 10^{-11}$ للتفاعل

$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{-2}$

فما ثابت الاتزان $K_c$ للتفاعل المتزن :

$CO_2 + CaCO_{3(s)} + H_2O \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2HCO_3^-$

الحل: / نكتب المعادلة الأولى كما هي :

$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^- \qquad K_c = 4.2 \times 10^{-7}$

نكتب المعادلة الثانية كما هي :

$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CO_3^{-2} + Ca^{+2} \qquad K_c = 4.7 \times 10^{-9}$

بعكس المعادلة الثالثة

$H^+ + CO_3^{-2} \rightleftharpoons HCO_3^- \qquad K_c = \frac{1}{4.8 \times 10^{-11}}$

بالجمع

$CO_2 + CaCO_{3(s)} + H_2O \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2\,HCO_3^- \quad K_c = \frac{4.2 \times 10^{-7} \times 4.7 \times 10^{-9}}{4.8 \times 10^{-11}}$

$K_c = 4.1 \times 10^{-5}$



(2−29 أسئلة الفصل) وجد أن ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية $K_p$ بدرجة حرارة 1000K للتفاعلات:

$C_{(s)} + \frac{1}{2} O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} \qquad K_p = 2.9 \times 10^{10}$

$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} \qquad K_p = 5 \times 10^{20}$

احسب ثابت الاتزان بدلالة $K_c$ للتفاعل : $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$

الحل / بضرب المعادلة الأولى× 2 وعكسها

$2CO_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(s)} + O_2 \quad K_p = (\frac{1}{2.9\times10^{10}})^2 = 0.12 \times 10^{-20}$

$K_p = 12 \times 10^{-22}$

بضرب المعادلة الثانية × 2

$2C_{(s)} + 2\,O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_2 \qquad K_p = (5 \times 10^{20})^2 = 25 \times 10^{40}$

بالجمع

---

$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)} \qquad K_p = 12 \times 10^{-22} \times 25 \times 10^{40}$

$= 300 \times 10^{+18}$

$= 3 \times 10^{+20}$

$K_c = K_p\,(RT)^{-\Delta ng}$

$= 3 \times 10^{+20}\,(0.082 \times 1000)^{+1}$

$= 3 \times 10^{20} \times 82$

$K_c = 246 \times 10^{20}$

$= 24.6 \times 10^{21} \Rightarrow K_c = 2.4 \times 10^{22}$



**ت 2-13(واجب)** وجد أن ثابت الاتزان للضغوط الجزئية بدرجة حرارة 2000K لكل من التفاعلات الآتية هي :

1) $\frac{1}{2}\,Br_{2(g)} + \frac{1}{2}\,F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} \qquad K_p = 150$

2) $\frac{1}{2}\,Br_{2(g)} + \frac{3}{2}\,F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{3(g)} \qquad K_p = 2.5$

احسب ثابت الاتزان $K_c$ للتفاعل :

$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} + F_{2(g)}$

ج / 0.366.

**ت 11-2 / للتفاعل الغازي : $3H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ بدرجة حرارة معينة وجد أن خليط الاتزان يحتوي على 0.02 M من $NH_3$ و(0.1 M) من $N_2$ وكذلك من $H_2$. ما ثابت الاتزان $K_c$ للتفاعل : $NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{3}{2} H_{2(g)} + \frac{1}{2} N_{2(g)}$**

**الحل:**

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]^1[H_2]^3} \longrightarrow = \frac{[0.02]^2}{[0,1]^1[0.1]^3}$$

$$Kc = \frac{[0.0004]}{[0.1]\,[0.001]} \longrightarrow Kc_1 = 4$$

**بقلب المعادلة والقسمة على 2**

$$Kc_2 = \frac{1}{\sqrt{4}} \qquad \boxed{Kc = 0.5}$$

**2013 د٢**

**ت 12-2 / وضع مول واحد من بروميد الهيدروجين في وعاء مغلق حجمه لتر واحد وبدرجة حرارة معينة وصل التفاعل الغازي إلى حالة الاتزان، فوجد أن المتكون من غاز البروم 0.2 mole حسب التفاعل الآتي : $2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$**

**فما عدد مولات غاز HBr في خليط الاتزان لإناء آخر حجمه لتر الناتج من خلط غازي البروم والهيدروجين بكميات (2 mole) لكل منهما.**

**الحل:**

| $2HBr_{(g)}$ | $\rightleftharpoons H_{2(g)}$ | $+ Br_{2(g)}$ |
|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 |
| -2 X | +X | + X |
| 1- 2x | x | x |
| 1- 0.4<br>0.6 | 0.2 | 0.2 |

**كل X = 0.2**

$$Kc = \frac{[H2]\,[Br2]}{[HBr]2} \longrightarrow Kc = \frac{[0.2]^2}{[0.6]^2} \longrightarrow Kc = \frac{1}{9}$$

الأناء الأخر

$H_2$ + $Br_2$ ⇌ 2HBr  $K_c = 9$
2  2  0
- X  -X  +2 X

2- x  2 - x  + (2x)

$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$

$9 = \frac{[2X]^2}{[2-X]^2}$ ⇒ بالجذر ⟶ $3 = \frac{2X}{2-X}$

6- 3X = 2X ⇒ 6 = 5X ⟶ $X = \frac{6}{5}$

∴ x = 1.2 M

[HBr] = 2x ⇒ [HBr] = 2 (1.2)
عند الاتزان

[HBr] = 2.4 M

n $_{(HBr)}$= M ×$V_{(l)}$

= 2.4 × 1 ⟶ n $_{(HBr)}$ = 2.4 mole

س (خارجي)// في التفاعل الغازي الآتي : A + B ⇌ 2C تم خلط 2mole من كل من B وA بدرجة حرارة معينة في وعاء تفاعل حجمه لتر. أحسب عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة عند التوازن علماً أن $K_c$ للتفاعل الآتي الغازي $C \rightleftharpoons \frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B$ يساوي $\frac{1}{3}$

الحل /

$C \rightleftharpoons \frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B \qquad K_c = \frac{1}{3}$

لكي نحصل على المعادلة الأصلية المعطاة في السؤال نعكس المعادلة ونضربها × 2

∵ الحجم لتر واحد فإن المولات = المولارية

| | A | + | $B \rightleftharpoons$ | 2C | $K_c = 9$ |
|---|---|---|---|---|---|
| قبل التفاعل | 2 | | 2 | 0 | |
| التغير | -x | | -x | +2x | |
| عند الاتزان | 2-x | | 2-x | 2x | |

$K_c = \frac{[C]^2}{[A][B]}$



$9 = \frac{(2x)^2}{(2-x)^2}$ بجذر الطرفين

$3 = \frac{2x}{2-x} \quad \Rightarrow \quad 6 - 3x = 2x \quad \Rightarrow \quad 6 = 5x$

$x = \frac{6}{5} \quad \Rightarrow \quad x = 1.2 \text{ mole}$

$[A],[B] = 2\text{-}x \quad \Rightarrow \quad [A],[B] = 2 - 1.2 = 0.8 \text{ mole}$

$[C] = 2x \quad \Rightarrow \quad [C] = 2 \times 1.2 = 2.4 \text{ mole}$

## حاصل التفاعل (Q): Reaction Quotient

يمثل حاصل قسمة تراكيز المواد الناتجة إلى التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كل منها مرفوع إلى أس يمثل عدد مولات كل مادة في المعادلة الكيميائية المتوازنة وفي أي لحظة ما خلال التفاعل، ويرمز له بالحرف (Q)، ويعتبر قيمة افتراضية لثابت الاتزان.

**أهمية حاصل التفاعل** :

أ- يستفاد منه في معرفة التفاعل متوازن أم لا.

ب- معرفة اتجاه سير التفاعل.

ج- معرفة حجم الاناء

د- معرفة تركيز احد المواد المتفاعلة في اي لحظة من لحظات التفاعل

١-إذا كان $Q < K_c$ فالتفاعل عكسي أي أن تراكيز النواتج أكبر من تراكيزها عند الاتزان فتقل تراكيز النواتج وتزداد تراكيز المتفاعلات إلى أن يصبح التفاعل في حالة اتزان.

$Q$ ------> $K_c$ التفاعل عكسي

٢-إذا كان $Q > K_c$ فإن التفاعل ليس في حالة اتزان لذلك يتجه التفاعل من المتفاعلات إلى النواتج لأن تراكيز المتفاعلات أكبر من تراكيزها عند الاتزان فتقل تراكيز المتفاعلات وتزداد تراكيز النواتج.

$Q$ <------ $K_c$ التفاعل أمامي

٣- إذا كان $Q = K_c$ فإن النظام (التفاعل) في حالة اتزان.

**تمرين 2-14 /** ثابت الاتزان للتفاعل الآتي :

$$3H_2 + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

عند $500c°$ هو 0.06 بين هل التفاعل في حالة اتزان أم لا، علماً أن التراكيز المولارية لـ $N_2 = 10^{-5}M$ و $H_2 = 2 \times 10^{-3}$ M و $NH_3 = 10^{-3}$ M.

**الحـل /**

$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]\,[H_2]^3} \Rightarrow Q = \frac{[10^{-3}]^2}{[10^{-5}][2 \times 10^{-3}]^3} = \frac{10^{-6}}{8 \times 10^{-14}}$$

$$Q = 125 \times 10^{+5}$$

∴ التفاعل غير متزن والتفاعل يسير بالاتجاه الخلفي لأن $Q > K_c$

**تمرين وزاري ٢٠١٥ د١ /** التفاعل الغازي :

$$3H_2 + N_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

ثابت الاتزان عند درجة حرارة معينة = 9

أ- هل أن مزيج مكون من 2mole من كل من الغازات $N_2$ و $H_2$ و $NH_3$ في وعاء مغلق حجمه (1L) يمثل حالة اتزان ولماذا.

ب- لو افترضنا أن المزيج غير متزن ما حجم الإناء اللازم لجعله متزن.

**الحـل /**

أ-

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $3H_2$ | + $N_2$ | $\rightleftharpoons$ | $2NH_3$ | |
| 2 | 2 | | 2 | قبل التفاعل |

$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3\,[N_3]} \Rightarrow Q = \frac{(2)^2}{(2)^3 \times 2} = \frac{4}{16} = \frac{1}{4}$$

$\because K_c \neq Q$

$\therefore$ المزيج لا يمثل حالة اتزان

ب-

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3\,[N_3]} \quad \Rightarrow \quad 9 = \frac{(\frac{2}{v})^2}{(\frac{2}{v})^3 \times (\frac{2}{v})}$$

$$9 = \frac{(\frac{2}{v})^2}{(\frac{2}{v})^4 2} \quad \Rightarrow \quad 3 = \frac{1}{\frac{2}{v}} \quad \Rightarrow \quad V = 6L$$ الحجم اللازم لجعل التفاعل متزن

**(2-30 أسئلة الفصل)** في وعاء مغلق حجمه لتر واحد يتفاعل غاز CO مع بخار الماء وتكون غاز $CO_2$ و$H_2$ بدرجة حرارة 700K، ما تراكيز خليط الغازات عند وصولها إلى حالة الاتزان إذا تم وضع مول واحد من كل من المتفاعلات والنواتج علماً أن ثابت الاتزان $K_c$ لهذا التفاعل يساوي 5.29.

**الحل / التفاعل الغازي**

| CO + | $H_2O \rightleftharpoons$ | $CO_2$ + | $H_2$ | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | بتراكيز ابتدائية |
| -x | -x | +x | +x | التغير |
| 1 -x | 1-x | 1+x | 1+x | عن الاتزان |

يمكن معرفة اتجاه سير التفاعل من خلال استخراج قيمة حاصل التفاعل Q ومقارنته مع قيمة ثابت الاتزان $K_c$.

$$Q = \frac{[H_2][CO_2]}{[CO][H_2O]} \quad \Rightarrow \quad Q = \frac{1 \times 1}{1 \times 1} = 1$$

بما أن $K_c > Q$ $\therefore$ التفاعل يسير بالاتجاه الأمامي.

$K_c = \frac{[H_2][CO_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow 5.29 = \frac{[1+x]^2}{[1-x]^2} \Rightarrow 2.3 = \frac{1+x}{1-x}$

$2.3 - 2.3x = 1+x \Rightarrow 3.3\,x = 1.3 \Rightarrow x = \frac{1.3}{3.3} = 0.394$ M

$\therefore [H_2] = [CO_2] = 1 + 0.394 \Rightarrow [H_2] , [CO_2] = 1.394$ M

$[H_2O] = [CO] = 1 - 0.394 \Rightarrow [H_2O] = [CO] = 0.606$ M

ملاحظة ١: عندما يعطى حاصل التفاعل في السؤال فلا يجوز اعتبار المادة المتفاعلة أو الناتجة والتي لم تعطى في السؤال صفر (قبل التفاعل) بل تفرض بشكل حرف كما في السؤال الواجب

ملاحظة٢: يمكن معرفة أتجاه سير التفاعل من مقارنة تركيز مادة قبل التفاعل وعند الأتزان فاذا ازداد تركيزها فالتفاعل يسير نحوها واذا انخفض تركيزها فالتفاعل يسير بالأتجاه الأخر.

(س2- 16 أسئلة الفصل)/ في التفاعل الافتراضي الغازي $2A + B \rightleftharpoons 3C$ وفي إناء حجم لتر واحد وضع (3mole) من B مع مولات مختلفة من A و C وعند الوصول إلى حالة الاتزان وجد أن إناء التفاعل يحتوي على (6 mole من C) وكذلك (6 mole من A)، ما عدد مولات كل من A و C قبل بدء التفاعل علماً أن $K_c$ للتفاعل = 1.5.

الحل /

لمعرفة اتجاه سير التفاعل نستخرج [B] عند الاتزان، وذلك من خلال معرفة [A] و [C] وقيمة $K_c$ عند الاتزان.

| 2A | + B | ⇌ | 3C | |
|---|---|---|---|---|
| 6 | y | | 6 | عند الاتزان |

$K_c = \frac{[C]^3}{[A]^2[B]} \Rightarrow 1.5 = \frac{[6]^3}{[6]^2[B]} \Rightarrow 1.5 = \frac{6}{[B]}$

عند الاتزان $[B] = \frac{6}{1.5} = 4M$

بما أن [B] عند الاتزان < [B] قبل بدء التفاعل ∴ التفاعل عكسي

| | 2A | + | B | ⇌ | 3C |
|---|---|---|---|---|---|
| (التراكيز الابتدائية) | M | | 3 | ← | N |
| تغير | +2x | | +x | | -3x |
| اتزان | M + 2x | | 3 + x | | N - 3X |
| | 6 | | 4 | | 6 |

$3 + x = 4$

$x = 1$

$N - 3x = 6$

$N - 3(1) = 6$

$N = 9$ mole (الحجم لتر واحد)

عدد مولات C قبل بدء التفاعل

$M + 2x = 6$

$M + 2(1) = 6$

$M = 4$ mole (الحجم لتر واحد) عدد مولات A قبل بدء التفاعل



**واجب س / التفاعل الغازي الآتي :** $A + B \rightleftharpoons 2C$

**مزج 5 mole من A مع (2 mole) من C وكان حاصل التفاعل يساوي (0.16) وبعد الوصول إلى حالة التوازن وجد أن الوعاء المغلق يحتوي على (6 mole) من C جد $K_p$ عند التوازن.**

عند الاتزان

$[HBr] = 0.700 - 0.466 = 0.234 \text{ mole/L}$

$n\, HBr = M \times V_{(l)}$

$= 0.234 \times 2$

$= 0.468 \text{ mole}$

**العلاقة بين الطاقة الحرة وقيمة حاصل التفاعل (Q) :**

$A + B \rightleftharpoons D + C$

العلاقة بين $\Delta G$ غير القياسية و$\Delta G°$ (الطاقة الحرة القياسية) للتفاعل أعلاه

$$\Delta G = \Delta G° + RT \ln \frac{[D][C]}{[A][B]}$$

أي أن :

$$| \Delta G = \Delta G° + RT \ln Q |$$

وعند التوازن فإن : $Q = Kc$ أو $K_p$

و $\Delta G = 0$ وعند التعويض في المعادلة أعلاه فإن :

$$0 = \Delta G° + RT \ln K_{eq}$$

$$\Delta G° = -RT \ln K_{eq}$$

- $K_W$ (ثابت تفكك الماء)
- $K_c$ (ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية)
- $K_p$ (ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية)
- $K_a$ (ثابت تفكك الحامض الضعيف)
- $K_b$ (ثابت تفكك القاعدة الضعيفة)
- $K_{sp}$ (ثابت حاصل الذوبان)

أ- إذا كانت قيمة $K_{eq} > 1$ فإن قيمة $\Delta G°$ سالبة والتفاعل تلقائي.

ب- إذا كانت قيمة $K_{eq} = 1$ فإن قيمة $\Delta G° = 0$ والتفاعل في حالة اتزان.

ج- إذا كانت قيمة $Keq < 1$ فإن قيمة $\Delta G°$ موجبة والتفاعل غير تلقائي وإنما التفاعل العكسي هو التفاعل التلقائي.

$R = 8.314 \text{ J/K.mol}$ (حفظ)

ملاحظة: عند أستخدام هذا القانون يجب ان تكون وحدة الطاقة الحرة J

س: بين حسابياً متى تكون $\Delta G° = 0$ بين ذلك حسابيا

ج:

<u>س /</u> إذا علمت أن $\Delta G°$ للتفاعل التالي تساوي $\Delta G° = -104\ KJ$ عند درجة حرارة $25c°$ وضغط $1\ atm$. علماً ان $In^{-1}\ 42 = 1.7 \times 10^{18}$

$$CCl_{4(l)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons Hcl_{(g)} + CHCl_{3(l)}$$

أحسب ثابت الاتزان $K_{eq}$ عند الظروف نفسها.

<u>الحل /</u>

$$\Delta G° = -RTIn\ K_{eq}$$

$$-104 \times 1000 = -8.314 \times 298\ In\ K_{eq}$$

$$In\ K_{eq} = \frac{-104000}{-2477.572} \quad \Rightarrow \quad (ln\ K_{eq} = 42)$$

وبالقسمة على In

$$K_{eq} = In^{-1}\ 42 \Rightarrow K_{eq} = 1.7 \times 10^{18}$$

**ت 2- 16 /** أحسب $K_p$ للتفاعل التالي عند $25c°$ وضغط $1\ atm$ :

$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

إذا علمت أن الطاقة الحرة القياسية لتكوين الماء هي $\Delta G°_f = -237\ KJ/mol$، وبين هل يحدث هذا التفاعل تلقائياً في $25c°$؟ علماً ان $In^{-1}\ -191.3 = 8 \times 10^{-84}$

$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

$$\Delta G_r^o = \Sigma\ n\Delta G^o_f\ (products) - \Sigma\ n\Delta^o_f\ (Reactants)$$

$$= [(2 \times 0)+(1\times0)\ ] - [(2 \times -237)\ ]$$

$$= 0 + 474$$

$\Delta G_r^o = 474\ KJ$ <u>التفاعل غير تلقائي</u>

$$\Delta G° = -RTIn\ K_p$$

$$474 \times 1000 = -\ 8.314 \times 298\ In\ K_p$$

$$In\ K_p = \frac{474000}{-2477.5}$$

$In\ K_p = -191.3$ بقسمة الطرفين على In

$$K_p = In^{-1}\ -191.3 \quad = \underline{8\times 10^{-84}}$$

(2−33 أسئلة الفصل) وضح الفرق بين $\Delta G$ و$\Delta G°$ وأكتب العلاقة بينهما، متى تكون قيمة $\Delta G$ تساوي $\Delta G°$ أثبت ذلك حسابياً.

الحل

$\Delta G$ / تمثل التغير في طاقة كبس الحرة في ظروف غير قياسية.

$\Delta G°$ / تمثل التغير في الطاقة الحرة القياسية (عند 25c° وضغط 1 atm).

$\Delta G$ / تساوي صفر عند الاتزان

وأن $\Delta G°$ لا تساوي صفر إلا إذا كان ($K_{eq}=1$)

أما العلاقة بين $\Delta G$ و$\Delta G°$ فهي

$$\Delta G = \Delta G° + RTlnQ$$

وتكون $\Delta G = \Delta G°$ عندما تكون قيمة حاصل التفاعل Q =1

ملاحظة: ln 1 = 0

$$\Delta G = \Delta G° + RTlnQ$$

$$\Delta G = \Delta G° + RTln1$$

$$\Delta G = \Delta G° + 0$$

$$\therefore \Delta G = \Delta G°$$

(2−34 أسئلة الفصل) إذا علمت أن ثابت التأين الذاتي للماء Kw عند درجة حرارة 25c° وضغط 1 atm تساوي $1 \times 10^{-14}$ أحسب قيمة $\Delta G°$ للتأين. $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

الحل /

$$\Delta G° = -RTln\ K_{eq}$$

$$\Delta G° = -RTln10^{-14}$$

$$= -8.314 \times 298\ (-14) \times 2.303$$

$$= +79881.876\ J/mole$$

## قاعدة لوشاتليه Le Chatelier's Principle :

((إذا أثر مؤثر خارجي مثل التغير في التركيز أو الحجم أو الضغط أو درجة الحرارة على تفاعل ما في حالة اتزان فإن هذا التفاعل يتجه بالاتجاه الذي يقلل من تأثير ذلك المؤثر ليصل التفاعل إلى حالة أتزان جديدة)).

ومن العوامل المؤثرة الخارجية والتي تؤدي إلى إخلال حالة الاتزان.

### أ) التغير في تراكيز المتفاعلات أو النواتج :

بصورة عامة فإن : نواتج $\rightleftharpoons$ متفاعلات

١- عند الإضافة للنواتج ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات أي نحو اليسار وذلك للتخلص من الزيادة الحاصلة في تراكيز النواتج وللوصول إلى حالة إتزان جديدة.

٢- عند الإضافة للمتفاعلات ينزاح التفاعل نحو النواتج أي نحو اليمين وذلك للتخلص من الزيادة الحاصلة في تراكيز المتفاعلات وللوصول إلى حالة إتزان مرة ثانية.

٣- عند السحب من النواتج ينزاح التفاعل نحو النواتج أي نحو اليمين وذلك للتعويض عن النقص الحاصل في تراكيز النواتج والعودة بالنظام إلى حالة توازن جديدة.

٤- عند السحب من المتفاعلات ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات أي نحو اليسار وذلك للتعويض عن النقص الحاصل في تراكيز المتفاعلات.

واجب س / التفاعل الغازي المتوازن الآتي :

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

أ- وضح تأثير إضافة $NO_2$ على حالة الاتزان ولماذا؟

ب- وضح تأثير سحب كمية من $N_2O_4$ على حالة الاتزان ولماذا؟



**ملاحظات:**

- **التغير في التراكيز لايؤثر على ثابت الأتزان**
- **اذا كان المضاف او المسحوب من مادة صلبة لايؤثر على حالة الأتزان**

س: مافائدة واهمية الاضافة والسحب

ج: يستفاد منها لزيادة انتاج المواد المحضرة

س: لايؤثر تغير التراكيز على قيمة ثابت الاتزان بثبوت درجة الحرارة .

ج: لان التغير في التراكيز يغير فقط في موضع الاتزان ولكن قيمة النسبة بين تراكيز النواتج والمتفاعلات عند الاتزان تبقى ثابته

**ب) تأثير تغير الضغط أو حجم إناء التفاعل على موضع الاتزان :**

١- عند زيادة الضغط المسلط أو نقصان حجم وعاء التفاعل ينحرف التفاعل نحو الحجوم أو المولات الأقل (الغازية). لتخفيف تأثير زيادة الضغط أو تقليل الحجم

٢- عند نقصان الضغط المسلط أو زيادة حجم وعاء التفاعل ينحرف الاتزان نحو الحجوم أو المولات الغازية الأكبر.

٣- إذا كانت عدد مولات غازات النواتج والمتفاعلات متساوية في التفاعل الذي في حالة اتزان فإن تغير الضغط أو حجم وعاء التفاعل لا يؤثر على حالة الاتزان.

*تأثير الضغط أو الحجم للغازات فقط

**س: اذا كانت** $\Delta ng$ = 0 **فان التغير في** ....... **لايؤثر على حالة الانزان اما اذا كانت** $\Delta ng$ = - **فان زيادة الضغط يرجح التفاعل** ........ **اما اذا كانت** $\Delta ng$ = + **فان زيادة الضغط يرجح التفاعل باتجاه** .......

**ج) تأثير درجة الحرارة على حالة الاتزان :**

تقسم التفاعلات حرارياً إلى قسمين :

كما لاحظنا عند دراستنا لفصل الثرموداينمك :

١- تفاعلات باعثة للحرارة وتكون فيها طاقة المواد المتفاعلة أكبر من طاقة المواد الناتجة لذلك تكون قيمة التغير في الانثالبي قيمة سالبة ($\Delta H = -$)

٢- تفاعلات ماصة للحرارة وتكون فيها طاقة المواد المتفاعلة أقل من طاقة المواد الناتجة لذلك تكون قيمة التغير في الانثالبي قيمة موجبة ($\Delta H = +$).

الأمثلة /

لتفاعل باعث للحرارة (أما تكتب الطاقة مع النواتج) او تكتب قيمة $\Delta H$ سالبة امام المعادلة

$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$ + طاقة

أو $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)} \quad \Delta H = -$

لتفاعل ماص للحرارة (أما تكتب الطاقة مع المتفاعلات) او تكتب قيمة $\Delta H$ موجبة امام المعادلة

$CaCO_{3(s)}$ + طاقة $\rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

أو $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \quad \Delta H = +$

١- عند زيادة درجة الحرارة ينزاح التفاعل الباعث نحو المتفاعلات اي تزداد سرعة التفاعل العكسي (الماص للحرارة) وذلك للتخلص من كمية الحرارة الزائدة لذلك تقل قيمة ثابت الاتزان($K_{eq}$).

٢- عند زيادة درجة الحرارة ينزاح التفاعل الماص للحرارة نحو النواتج اي تزداد سرعة التفاعل الامامي (الماص) وذلك للتخلص من الحرارة الزائدة لذلك تزداد قيمة ثابت الاتزان ($K_{eq}$).

٣- عند خفض درجة الحرارة ينزاح التفاعل الباعث نحو النواتج اي تزداد سرعة التفاعل الامامي (الباعث) وذلك لتعويض عن النقص الحاصل في كمية الحرارة لذلك تزداد قيمة ثابت الاتزان ($K_{eq}$).

٤- عند خفض درجة الحرارة ينزاح التفاعل الماص للحرارة نحو المتفاعلات اي تزداد سرعة التفاعل العكسي (الباعث ) وذلك للتعويض عن النقص الحاصل في كمية الحرارة لذلك تقل قيمة ثابت الاتزان ($K_{eq}$).

* عند تغير درجة الحرارة تتغير قيمة ثابت الاتزان ($K_{eq}$) فإذا انحرف التفاعل نحو اليمين (النواتج) زادت تراكيز النواتج عند حالة التوازن الجديدة لذلك تزداد قيمة ثابت الاتزان ($K_{eq}$) أما إذا انحرف الاتزان (النظام أو التفاعل) نحو اليسار (نحو المتفاعلات) فإن تراكيز النواتج سوف تقل لذلك تقل قيمة ($K_{eq}$).

(ملخص لما سبق)

*** عند التسخين أبحث عن الماص فانه يزداد**

*** عند التبريد أبحث عن الباعث فانه يزداد**

*** أذا ازدادت النواتج ستزداد Keq**

**اذا ارتفعت حرارة الاناء تلقائياً فان التفاعل سيكون باتجاه الباعث**

**اذا انخفضت حرارة الاناء تقائياً فان التفاعل سيكون باتجاه الماص**

## تأثير العامل المساعد على أتزان التفاعل

س : لاتؤثر أضافة العامل المساعد على حالة الاتزان وعلى قيمة ثابت الاتزان (علل)

ج/ لان عند إضافة عامل مساعد فإن ذلك يغير سرعة التفاعل والتي يصل بها إلى حالة الاتزان وذلك لأنه يخفض من طاقة التنشيط للتفاعل مما يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل الأمامي ($R_f$) وسرعة التفاعل الخلفي بنفس المقدار مما يقلل من زمن الوصول إلى حالة الاتزان لذلك إضافة العامل المساعد لا يؤثر على حالة الاتزان.

س / ما تأثير كل من العوامل الآتية على حالة الاتزان وقيمة ثابت الاتزان للتفاعل المتزن الآتي :

ماص

باعث

$N_2F_{4(g)} \rightleftharpoons 2NF_{2(g)} \qquad \Delta H = 38.5\ KJ$

١- ما تأثير تسخين خليط الاتزان في وعاء مغلق.

٢- ما تأثير سحب كمية من $N_2F_4$ من خليط الاتزان بثبوت درجة الحرارة والحجم.

٣- خفض الضغط على خليط الاتزان بدرجة حرارة ثابتة.

٤- إضافة عامل مساعد إلى خليط الاتزان.

الحل /

١- عند التسخين تختل حالة الاتزان وينزاح التفاعل نحو النواتج لأن التفاعل ماص للحرارة وذلك للتخلص من الحرارة الفائضة وبهذا سوف تزداد تراكيز النواتج وتقل تراكيز المتفاعلات فتزداد قيمة ثابت الاتزان $K_{eq}$ عند حالة الاتزان الجديدة.

٢- عند سحب كمية من ($N_2F_4$) سوف تختل حالة الاتزان وينزاح التفاعل إلى اليسار أي نحو المتفاعلات وذلك للتعويض عن النقص الحاصل في تركيز $N_2F_4$ إلى أن تتكون حالة اتزان جديدة أما قيمة ثابت الاتزان فإنها لا تتغير.

٣- عند خفض الضغط على الخليط المتزن (النظام) فإن التفاعل سوف ينزاح باتجاه عدد المولات أو الحجوم الأكبر لذلك ينزاح التفاعل نحو اليمين أما قيمة $K_{eq}$ فلا تتغير.

٤- إضافة العامل المساعد يخفض من طاقة التنشيط ولا يؤثر على حالة الاتزان لأنه يزيد من سرعة التفاعل الأماي والعكسي بنفس المقدار وكذلك لا يؤثر على قيمة ثابت الاتزان.

س2-5 (أسئلة الفصل) للتفاعل المتزن الغازي الباعث للحرارة $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$

كيف تتغير حالة الاتزان ولماذا؟

١) عند زيادة الضغط المسلط على التفاعل.

ج/ تختل حالة الاتزان وتزداد سرعة التفاعل الأمامي حيث يتجه التفاعل نحو المولات الأقل أو الحجوم الأقل للتخلص من تأثير زيادة الضغط والعودة بالتفاعل إلى حالة الاتزان مرة ثانية.

٢) رفع درجة حرارة إناء التفاعل.

ج/ تختل حالة الاتزان وتزداد سرعة التفاعل العكسي (الماص للحرارة) للتخلص من كمية الحرارة الزائدة إلى أن تتكون حالة توازن جديدة.

٣) سحب غاز $N_2O_4$ المتكون عند الاتزان.

ج / تختل حالة الاتزان وتزداد سرعة التفاعل الأمامي للتعويض عن النقص الحاصل في تركيز $N_2O_4$ إلى أن تتكون حالة توازن مرة ثانية.

2014 د3

(س 2-6 )أسئلة الفصل: التفاعل الغازي المتزن الآتي :

$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$

انثالبي التفاعل تساوي 92.5 KJ / mole ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان :

١ – خفض درجة الحرارة.

٢ – إضافة زيادة من $Cl_2$ إلى خليط الاتزان.

٣ – سحب $PCl_3$ من خليط الاتزان.

٤ – زيادة الضغط على خليط الاتزان.

٥ – إضافة عامل مساعد.

$PCl_{5(g)} \underset{\text{باعث}}{\overset{\text{ماص}}{\rightleftharpoons}} PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$

الحل/ ١ – بما أن قيمة $\Delta H = 92.5KJ$ ∴ التفاعل ماص للحرارة وعند خفض درجة الحرارة يرجح التفاعل العكسي الباعث للحرارة وبذلك تقل تراكيز النواتج وتزداد المتفاعلات فتقل قيمة $K_{eq}$.

٢- إضافة زيادة من $Cl_2$ إلى خليط الاتزان يرجح التفاعل العكسي إلى أن تكون حالة توازن جديدة أما قيمة $K_{eq}$ فلا تتغير.

٣- سحب كمية من $PCl_3$ يرجح التفاعل الأمامي للتعويض عن النقص الحاصل في $[PCl_3]$ والعودة بالتفاعل إلى حالة توازن مرة ثانية أما قيمة $K_{eq}$ فلا تتغير.

٤- زيادة الضغط على خليط الاتزان يؤدي إلى ترجيح التفاعل الخلفي حيث يتجه التفاعل نحو المولات أو الحجوم الأقل أما قيمة $K_{eq}$ فلا تتغير.

٥- لا يؤثر على حالة التوازن لأنه يزيد من سرعة التفاعل الخلفي والأمامي بنفس المقدار.

س(2-7) أسئلة الفصل التفاعل المتزن الآتي :

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

انثالبي التفاعل تساوي 198.2KJ-، ماذا يحدث لتراكيز $SO_2$ و$O_2$ و $SO_3$ عند الاتزان بعد :

١- زيادة درجة حرارة التفاعل.

٢- تقليل الضغط المسلط على التفاعل.

٣- زيادة تركيز $SO_2$ في خليط الاتزان.

٤- إضافة عامل مساعد.



__الحل:__

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \underset{\text{ماص}}{\overset{\text{باعث}}{\rightleftharpoons}} 2SO_{3(g)} \qquad \Delta H = -198.2KJ$$

١- عند زيادة درجة الحرارة يرجح التفاعل الخلفي لذلك تقل تراكيز $SO_3$ وتزداد تراكيز $O_2$ و$SO_2$.

٢- عند خفض الضغط يرجح التفاعل الخلفي لذلك يقل تركيز $SO_3$ ويزداد تركيز كل من $O_2$ و$SO_2$.

٣- زيادة تركيز $SO_2$ يرجح التفاعل الأمامي لذلك يقل تركيز $O_2$ ويصبح $[SO_2]$ أقل مما هو عليه بعد الإضافة ولكنه أكبر مما هو عليه عند الاتزان الأول أما $[SO_3]$ فإنه يزداد.

٤- إضافة عامل مساعد لا يؤثر على حالة الاتزان لذلك لا تتغير تراكيز النواتج والمتفاعلات.

س(2-8 ) أسئلة الفصل: هل يؤدي دائماً رفع درجة حرارة أي تفاعل في حالة اتزان إلى زيادة تراكيز النواتج؟ إذا كانت إجابتك بالنفي فما التفاعلات التي تؤدي أو لا تؤدي إلى زيادة النواتج؟ بين ذلك مع ذكر أمثلة.

الحل:

كلا. لأن التفاعلات الباعثة عند رفع درجة الحرارة لها يؤدي إلى ترجيح التفاعل الخلفي له (الماص للحرارة) وبذلك تقل تراكيز النواتج. أما التفاعلات الماصة للحرارة فعند رفع درجة الحرارة يرجح التفاعل الأمامي فتزداد تراكيز النواتج.

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} \qquad \Delta H = -92KJ$

$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \qquad \Delta H = +178.5\ KJ$

س2-9 أسئلة الفصل:/ للتفاعل المتزن الغازي الباعث للحرارة وضح تأثير كل من العوامل الآتية على حالة الاتزان وقيمة ثابت الاتزان.

$2Pbs_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons PbO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$

١) خفض الضغط المسلط على التفاعل.

ج/ تختل حالة الاتزان وتزداد سرعة التفاعل العكسي حيث يتجه التفاعل نحو المولات أو الحجوم الأكثر وحسب قاعدة لو شاتليه، أما قيمة ثابت الاتزان $K_{eq}$ فلا تتغير.

٢) تبريد إناء التفاعل.

ج / تختل حالة الاتزان وتزداد سرعة التفاعل الأمامي (الباعث للحرارة) للتعويض عن النقص الحاصل في كمية الحرارة وبذلك تزداد تراكيز النواتج وتقل تراكيز المتفاعلات الغازية عند حالة التوازن الجديد فتزداد قيمة $K_{eq}$.

$K_{eq} = \frac{[\text{نواتج}]^n}{[\text{متفاعل}]^n}$

2 –10 (أسئلة الفصل) التفاعل الآتي ماص للحرارة يجري في إناء مغلق :

$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + CaO_{(s)}$

ماذا يحدث للتفاعل المتزن عند كل مما يأتي

١ – تقليل حجم الإناء.

٢ – إضافة مزيد من CaO لخليط الاتزان.

٣ – سحب جزء من $CaCO_3$ من خليط الاتزان.

٤ – إضافة مزيد من $CO_2$ إلى خليط الاتزان.

٥ – زيادة درجة الحرارة.



الحل:/

١ – تقليل حجم الإناء (زيادة الضغط) يرجح التفاعل العكسي.

٢ – إضافة مزيد من CaO لخليط الاتزان لا يؤثر على حالة الاتزان لأنها مادة صلبة.

٣ – لا يؤثر على حالة الاتزان لأنها مادة صلبة.

٤ – يرجح التفاعل الخلفي للتخلص من الزيادة الحاصلة في $[CO_2]$.

٥ – اختلال في حالة التوازن وترجيح التفاعل الأمامي لأن التفاعل ماص للحرارة.

س2-24 (أسئلة الفصل) / صف أربع إجراءات تؤدي لرفع المنتوج للتفاعل الغازي المتزن الباعث للحرارة.

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

الحل /

١) زيادة الضغط المسلط على التفاعل او تقليل حجم وعاء التفاعل يؤدي إلى ترجيح التفاعل الأمامي لأن عدد مولات أو حجوم النواتج أقل وبذلك يزداد منتوج $NH_3$.

٢) تبريد وعاء التفاعل يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل الأمامي (الباعث للحرارة) وبذلك يزداد منتوج $NH_3$.

٣) إضافة كمية إلى $H_2$ أو $N_2$ او كلاهما يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل الأمامي وبذلك يزداد منتوج $NH_3$.

٤) سحب كمية من $NH_3$ يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل الأمامي وبذلك يزداد منتوج $NH_3$.

2−28 (أسئلة الفصل) في إناء مغلق حجمه لتر واحد أجري التفاعل الآتي :

$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

عند 490c° كان ثابت سرعة التفاعل الأمامي $K_f = 0.6256$ وثابت سرعة التفاعل الخلفي $K_b$ يساوي 0.0136 وإن ثابت الاتزان للتفاعل بدرجة 872K يساوي 59، بين كيف يتأثر عدد مولات HI عند الاتزان بما يلي من إجراءات :

أ) إضافة مزيد من $H_2$.

ب) انخفاض درجة الحرارة.

ج) إزاحة بعض من $I_2$.

الحل: /

$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

نستخرج $K_c$ عند 490c° أي عند 763K = 273 + 490

$$K_c = \frac{K_f}{K_b} = \frac{0.6256}{0.0136} = 46$$

| $K_C$ | درجة الحرارة المطلقة |
|---|---|
| 46 | 763 K |
| 59 | 872 K |

نلاحظ عند ارتفاع درجة الحرارة تزداد قيمة $K_c$ لذلك فالتفاعل الأمامي ماص للحرارة والخلفي باعث.

أ− إضافة مزيد من $H_2$ يؤدي إلى انحراف التفاعل بالاتجاه الأمامي مما يزيد من عدد مولات HI.

ب− انخفاض درجة الحرارة يرجح التفاعل العكسي (الباعث للحرارة) فتقل عدد مولات HI.

ج− إزاحة (سحب) بعض من $I_2$ يؤدي إلى ترجيح التفاعل العكسي فتقل مولات HI.

2014 د1

ت 2-18 (واجب) / للتفاعل المتزن الغازي الآتي :

$3O_2 \rightleftharpoons 2O_3 \qquad \Delta H = -428KJ/mol$

ما تأثير كل من العوامل الآتية على حالة الاتزان وثابت الاتزان.

١ − زيادة الضغط على التفاعل وذلك بنقصان الحجم.

٢ − زيادة الضغط بإضافة مزيد من $O_2$ إلى النظام.

٣ − خفض درجة الحرارة.

٤ − إضافة عامل مساعد.

**الحل:**

**ت 2-19 (واجب) / صف عدد من الإجراءات التي تؤدي إلى رفع كمية $C_2H_6$ الناتجة من التفاعل الآتي عندما يصل إلى حالة الاتزان.**

$$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)} + 137\ KJ/mole$$

**الحل:**

س / للتفاعل المتزن الآتي :

$2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)}$

$\Delta H$ للتفاعل تساوي (181 KJ-) عند درجة حرارة (298K) و$K_p$ للتفاعل تساوي $3.2 \times 10^{20}$، بين هل قيمة $K_p$ عند 500K أكبر أم أقل من قيمتها عند 298K للتفاعل نفسه.

الحـل / ∵ $\Delta H$ سالبة

∴ التفاعل باعث للحرارة لذلك فعند زيادة درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو اليسار (المتفاعلات) وذلك للتخلص من الفائض في كمية الحرارة وبالتالي تقل تراكيز النواتج عند الاتزان وتزداد تراكيز المتفاعلات لذلك تقل قيمة ثابت الاتزان $K_p$ عند 500K.

∴ قيمة $K_p$ عند 500K > قيمة $K_p$ عند 298K.

أو

باعث ⇌ ماص

| درجة الحرارة | Keq |
|---|---|
| 298 | $3.2 \times 10^{20}$ |
| 500 | ----- |

بما ان التفاعل باعث للحراة

∴ اتجاه سير التفاعل خلفي

للتخلص من الفائض في كمية

الحرارة وقيمة Keq تقل

تمرين (2-17) / للتفاعل المتزن الآتي

$2BrF_{5(g)} \rightleftharpoons Br_{2(g)} + 5F_{2(g)}$

قيمة $\Delta H$ للتفاعل تساوي 858KJ عند درجة حرارة 1000K و$K_p$ للتفاعل تساوي $7.4 \times 10^{-16}$ بين هل قيمة $K_p$ عند 1500K للتفاعل أكبر أم أقل من قيمتها عند 1000K للتفاعل نفسه.

| درجة الحرارة | Keq |
|---|---|
| 1000 | $7.4 \times 10^{-16}$ |
| 1500 | ----- |

الحل:

بما ان $\Delta H$ موجب

∴ التفاعل ماص للحراة

ماص ⇌ باعث

ودرجة الحرارة تزداد سيكون

اتجاه سير التفاعل أمامي

للتخلص من الزيادة الحاصلة في درجة الحرارة وقيمة Keq تزداد

## أسئلة الفصل الثاني

٢-١ أملأ الفراغات في الجمل التالية بما يناسبها :

١- في التفاعل المتزن الآتي :

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92KI$

فإن خفض درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة تراكيز المواد ........

٢- إذا كانت قيمة ثابت الاتزان $K_c$ لنظام متزن عند $500c°$ تساوي $2 \times 10^{-15}$ وقيمته عند $200c°$ تساوي $4 \times 10^{-12}$ فإن ذلك يدل على أن التفاعل........ للحرارة.

٣- في التفاعل المتزن الآتي :

$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)} + 127KJ$

عندما يضاف الهيدروجين إلى هذا النظام المتزن فإن حرارة التفاعل........

٤- في التفاعلات الانعكاسية الباعثة للحرارة يزاح موضع الاتزان نحو تكوين المواد المتفاعلة في التفاعل عند ........ درجة الحرارة.

٥- في التفاعل المتزن :

$CO_{2(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$

فإن ........ الضغط يزيد من استهلاك غاز $CO_2$.

٦- في التفاعل المتزن :

$N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180\ KJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$

فإن رفع درجة الحرارة لإناء التفاعل يعمل على ........ قيمة $K_c$ للتفاعل.

٧- التغير بـ ........ لا يؤثر على حالة الاتزان للتفاعل المتزن الآتي :

$N_{2(g)} + O_{2(g)} + 180\ KJ \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$

٨- للتفاعل المتزن :

$Cl_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)} +$ طاقة

يمكن زيادة تركيز HCl الناتج عند ........ الحرارة للتفاعل.

٩- في التفاعل المتزن :

$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

وبدرجة حرارة معينة إذا كانت قيمة $K_p$ للتفاعل = 3 والضغط الجزئي لغاز $NO_2$ يساوي 3 atm فإن الضغط الجزئي لغاز $N_2O_4$ يساوي ........ .

١٠- في التفاعل المتزن الآتي :

$4NH_{3(g)} + 3O_{(g)} \rightleftharpoons 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$

بدرجة حرارة معينة وجد $K_c$ للتفاعل = $1 \times 10^{28}$ فهذا يدل على أن موضع الاتزان يقع في اتجاه تكوين.........

١١- عندما تكون $K_p$ أصغر من $K_c$ فإن مجموع عدد مولات المواد المتفاعلة ........ من مجموع عدد مولات المواد الناتجة.

١٢- إذا كان حاصل التفاعل عند نقطة معينة من التفاعل أصغر من ثابت الاتزان $K_c$ للتفاعل فإن التفاعل يتجه نحو المواد......... .

١٣- عند زيادة الضغط الكلي على حالة اتزان لتفاعل فيه عدد المولات للغازات المتفاعلة أصغر من عدد مولات الغازات الناتجة فإن موضع الاتزان ينحرف باتجاه ........ .

١٤- العلاقة بين ثابت الاتزان $K_c$ وتراكيز النواتج علاقة ........ .

١٥- عند تقليل الضغط في خليط متزن ($\Delta n_g = -1$) فالتفاعل ينزاح نحو ـــــ وثابت الاتزان $K_c$......... .

١٦- تفاعل متزن ثابت اتزانه $K_c = 4$ فعند سحب النواتج من خليط الاتزان فإن ثابت الاتزان ........ .

١٧- عندما $\Delta n_g$ = ........ لا يكون للضغط المسلط على التفاعل الغازي تأثير في حالة الاتزان.

١٨- يترجح التفاعل ........ لتفاعل متزن ماص للحرارة عند تبريد إناء التفاعل.

١٩- في التفاعلات الماصة للحرارة والتي هي في حالة اتزان ديناميكي تزداد تراكيز المواد الناتجة عند ......... درجة الحرارة.

٢٠- في تفاعل متزن وجد أن $K_c = \frac{K_p}{RT}$ ما يدل على أن مجموع مولات المواد الغازية الناتجة في هذا التفاعل ........ من مجموع مولات المواد الغازية المتفاعلة.

٢-٢ اختر الجواب الصحيح :

١- ثابت الاتزان $K_c$ للتفاعل المتزن :

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

عند درجة حرارة 727c° تبلغ $4.17 \times 10^{-2}$، فإن اتجاه التفاعل عند خلط 0.4M من $SO_3$ و0.1M من $O_2$ و0.02M من $SO_2$ تكون :

أ- باتجاه المواد المتفاعلة.

ب- باتجاه المواد الناتجة.

ج- التفاعل في حالة اتزان ديناميكي.

د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

٢- التفاعل المتزن :

$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + CaO_{(s)}$ كمية $CaCO_3$ تزداد عندما :

أ- تزال كمية من غاز $CO_2$ من التفاعل عند الاتزان.

ب- يزداد الضغط الكلي.

ج- تضاف كمية من CaO إلى خليط الاتزان.

د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

٣- التفاعل المتزن :

$$I_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2IF_{(g)}$$

ثابت الاتزان $K_c$ يساوي $1 \times 10^6$ بدرجة حرارة 200K فإذا كان الضغط الجزئي عند الاتزان 0.2 atm لغاز IF و $4 \times 10^{-3}$ atm لغاز $F_2$ فإن الضغط الجزئي لغاز $I_2$ يساوي :

أ- $5 \times 10^4$ atm.

ب- $1 \times 10^{-5}$ atm.

ج- $1 \times 10^5$ atm.

د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

٤- إذا كانت قيمة $K_c$ للتفاعل :

$$Li_{(g)} + \frac{1}{2} I_{2(g)} \rightleftharpoons LiI_{(g)}$$

عند 300K تساوي 640.3 فإن قيمة $K_c$ للتفاعل : $2LiI_{(g)} \rightleftharpoons 2Li_{(g)} + I_{2(g)}$ عند درجة الحرارة نفسها تساوي :

أ- 25.3.

ب- $41 \times 10^4$.

ج- $15.6 \times 10^5$.

د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

٥- عند مزج محلول $K_2CrO_4$ مع محلول Hcl فإنه يصل إلى حالة الاتزان حسب المعادلة الايونية الآتية :

$$2CrO_4{}^{-2}{}_{(aq)} + 2H^+{}_{(aq)} \rightleftharpoons Cr_2O_7{}^{-2}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

اصفر برتقالي

فإذا أردنا أن نجعل اللون البرتقالي هو السائد في الإناء فأننا نقوم بالآتي :

أ- نضيف مزيد من الماء.

ب- نضيف مزيد من HCl.

ج- نضيف مزيد من $K_2CrO_4$.

د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

٦- عند إضافة محلول NaOH إلى المزيج في السؤال السابق فأننا نتوقع أن يحدث :

أ- زيادة تركيز $Cr_2O_7{}^{-2}$.

ب- زيادة تركيز $H_2O$.

ج- نقص بتركيز $Cr_2O_7{}^{-2}$.

د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

٧- للتفاعل المتزن :

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{7(g)} + 92KJ$

قيمة $K_p$ للتفاعل عند 25c° تساوي $5.5 \times 10^{-5}$ لذا فإن قيمة $K_c$ للتفاعل تساوي :

أ- 22513.3.

ب- $9 \times 10^4$.

ج- 0.03.

د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

٨- للتفاعل المتزن :

$Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2Br_{(g)}$

قيمة $K_p$ عند الاتزان 2558.4 بدرجة حرارة 4000K وقيمة $K_f$ للتفاعل بدلالة التراكيز المولارية تساوي 1.56 فإن قيمة $K_b$ تساوي :

أ- 0.2

ب- 20

ج- 7.8

د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

٩- للتفاعل المتزن :

$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

ثابت الاتزان $K_p = 2$ فإن التفاعل يتجه نحو النواتج عندما تكون التراكيز للمواد الناتجة والمتفاعلة (بوحدات mole / L) هي الآتي :

أ- تركيز HI يساوي 0.1 وتركيز $I_2$ يساوي 0.05 وتركيز $H_2$ يساوي 0.05.

ب- تركيز HI يساوي 0.4 وتركيز $I_2$ يساوي 0.1 وتركيز $H_2$ يساوي 0.2.

ج- تركيز HI يساوي 0.001 وتركيز $I_2$ يساوي 0.0002 وتركيز $H_2$ يساوي 0.0025.

د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

س3 / علل ما يأتي :

١- زيادة حجم إناء التفاعل لتفاعل غازي مولات النواتج أقل من مولات المتفاعلات الغازية يؤدي إلى خفض المنتوج.

الحل / عند زيادة حجم إناء التفاعل يقل الضغط المسلط وعند خفض الضغط المسلط على التفاعل يتجه التفاعل نحو المولات الأكثر وهي مولات المتفاعلات لذلك يقل المنتوج.

٢- قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات الغير الانعكاسية كبيرة جداً. وزاري ٢٠١٥ د٢

الحل / لأن معظم أو جميع تراكيز المتفاعلات قد تحولت إلى ناتج لذلك تكون قيمة ثابت الاتزان لها قيمة غير معرفة أو كبيرة جداً.

٤- في التفاعل الافتراضي المتزن طاقة + $A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)}$ لا تتغير حرارة إناء التفاعل عند زيادة الضغط الكلي.

الحل / لأن عدد مولات غازات النواتج والمتفاعلات متساوية فإن زيادة الضغط لا تؤثر على حالة الاتزان لذلك لا تتغير حرارة إناء التفاعل.

٥- ترتفع درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة عندما $K_c = 0.3$ و $Q = 1$.

الحل / ∵ $K_c < Q$ ∴ لكي تحصل حالة الاتزان ينحرف التفاعل نحو المتفاعلات أي تزداد سرعة التفاعل الخلفي (الباعث للحرارة) فتزداد درجة الحرارة.

٦- يعتبر التفاعل باعث للحرارة إذا انخفضت قيمة $K_c$ للتفاعل عند زيادة درجة الحرارة.

الحل / ∵ عند زيادة درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل الماص للحرارة وبما أن زيادة درجة الحرارة أدى إلى انخفاض قيمة $K_c$ وهذا يعني انخفاض تراكيز النواتج نتيجة زيادة سرعة التفاعل العكسي (الماص للحرارة) لذلك فالتفاعل الأمامي هو الباعث للحرارة.

س٣ / علل / ٧- قيمة $K_c$ تزداد عند رفع درجة حرارة التفاعل في حالة التفاعلات الماصة.

الحل / لأنه عند رفع درجة الحرارة ينزاح التفاعل نحو اليمين (نحو النواتج) بسبب زيادة سرعة التفاعل الأمامي وبذلك تزداد تراكيز النواتج عند حالة التوازن الجديدة وتقل تراكيز المتفاعلات فتزداد قيمة $K_c$.

٨- زيادة الضغط على خليط متوازن $\Delta n_{(g)} = +1$ فإن الاتزان ينزاح باتجاه المتفاعلات.

الحل / لأن عدد مولات النواتج > عدد مولات المتفاعلات وعند زيادة الضغط فإن التفاعل ينزاح نحو المولات الأقل.

٩- تتوقف التفاعلات تماماً بينما تظهر تفاعلات أخرى وكأنها متوقفة.

الحل / تتوقف بعض التفاعلات تماماً لأنها تفاعلات غير انعكاسية استهلك فيها تراكيز أحد المواد المتفاعلة أو جميعها بينما تظهر تفاعلات أخرى وكأنها متوقفة لأنها تفاعلات انعكاسية قد وصلت إلى حالة الاتزان عندها $R_f = R_b$ (سرعة التفاعل الأمامي = سرعة التفاعل الخلفي).

١٠- في التفاعل المتزن الآتي :

$$SO_2Cl_{2(g)} + \text{طاقة} \rightleftharpoons SO_{2(g)} + Cl_{2(g)}$$

ترتفع حرارة التفاعل عند إضافة $SO_2$ إلى خليط الاتزان.

الحل / عند إضافة $SO_2$ تختل حالة الاتزان وتزداد سرعة التفاعل العكسي (الباعث للحرارة) لأن التفاعل الأمامي (ماص للحرارة) وبذلك ترتفع حرارة التفاعل.

## حل أسئلة الفصل الثاني / الاتزان الكيميائي :

س١ / أملأ الفراغات في الجمل التالية :

١- المواد الناتجة.

٢- باعث للحرارة.

٣- تزداد.

٤- رفع درجة الحرارة.

٥- تقليل.

٦- زيادة.

٧- بالضغط.

٨- خفض الحرارة للتفاعل.

٩- في التفاعل المتزن $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$ وبدرجة حرارة معينة إذا كانت قيمة $K_p = 3$ والضغط الجزئي لغاز $NO_2$ يساوي 3 atm فإن الضغط الجزئي لغاز $N_2O_4$ يساوي 3.

الحل /

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

اتزان x 3

$$K_p = \frac{P^2_{NO_2}}{P_{N_2O_4}}$$

$$3 = \frac{(3)^2}{x} \Rightarrow x = \frac{9}{3} = 3\ atm$$

١٠- النواتج.

١١- أكبر.

١٢- الناتجة.

١٣- المتفاعلات.

١٤- طردية.

١٥- المتفاعلات و $K_c$ لا يتغير.

١٦- لا يتغير.

١٧- صفر.

١٨- العكسي. ١٩- رفع. ٢٠- أكبر.

س2 / ١- نستخرج حاصل التفاعل ونقارنه مع قيمة $K_c$ لمعرفة اتجاه سير التفاعل.

اختر الجواب الصحيح.

$$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$$

قبل التفاعل 0.01 0.1 0.4

$$Q = \frac{0.4^2}{(0.02)^2 \times 0.1}$$

$$Q = \frac{0.16}{0.0004 \times 0.1}$$

$$Q = 4000$$

$\because K_c < Q$

∴ يسير التفاعل بالاتجاه الخلفي.

∴ الجواب الصحيح هو (أ) باتجاه المواد المتفاعلة.

٢- الجواب الصحيح (ب) يزداد الضغط الكلي.

٣- ∵ $\Delta n$ = صفر ∴ $K_c = K_p$.

$$I_2 + F_2 \rightleftharpoons 2IF_2$$

توازن $x$ $\quad 4\times10^{-3} \quad 0.2$

$$K_p = \frac{(.02)^2}{x\,(4\times10^{-3})} \Rightarrow 10^6 = \frac{0.04}{x(4\times10^{-3})}$$

$$X = \frac{4\times10^{-2}}{4\times10^{3}} \Rightarrow x = 10^{-5}\ atm$$

الجواب الصحيح هو (ب) $1 \times 10^{-5}$

س2 / أختر الجواب الصحيح

٤- إذا كانت قيمة $K_c$ للتفاعل $Li_{(g)} + \frac{1}{2}I_{2(g)} \rightleftharpoons LiI_{(g)}$

عند 300K تساوي 640.3 فإن قيمة $K_c$ للتفاعل عند درجة الحرارة نفسها $2LiI \rightleftharpoons 2Li + I_2$ هي :

أ- 25.3. ب- $41 \times 10^{4}$. ج- $15.6 \times 10^{5}$ د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

الحل /

$$Li_{(g)} + \frac{1}{2}I_{2(g)} \rightleftharpoons LiI_{(g)} \qquad K_c = 640.3$$

بعكس المعادلة وضربها × 2 ينتج :

$$2LiI \rightleftharpoons 2Li + I_2 \qquad K_c = \left(\frac{1}{640.3}\right)^2 = (0.00156)^2 = 0.0000024$$

الجواب الصحيح : د- كل الإجابات السابقة خاطئة.

٥- ب) نضيف مزيد من HCl.

٦- الجواب الصحيح نقص بتركيز $Cr_2O_7^{-2}$.

٧- يجب حل السؤال وكما يلي :

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 92KJ$$

$$\Delta n_{(g)} = 2 - 4 = -2$$

$K_c = K_p (RT)^{-\Delta ng}$

$K_c = 5.5 \times 10^{-5} (0.082 \times 298)^2$

$= 5.5 \times 10^{-5} \times 597.118$

$= 3284 \times 10^{-5}$

$= 0.03$

الجواب الصحيح هو : ج – 0.03.

٨– للتفاعل المتزن :

$Br_2 \rightleftharpoons 2Br_{(g)}$

$\boxed{K_c = \frac{K_f}{K_b}} \Rightarrow \quad K_c = K_p (RT)^{-\Delta ng}$

$K_c = 2558.4 (0.082 \times 4000) \Rightarrow \quad K_c = 2558.4 (328)^{-1}$

$K_c = \frac{2258.4}{328} = 7.8$

نعوض بالعلاقة في المستطيل

$7.8 = \frac{1.56}{K_b} \Rightarrow K_b = \frac{1.56}{7.8} = 0.2$

∴الجواب الصحيح هو (أ) ويساوي 0.2

٩– من خلال حل السؤال يتضح أن حاصل التفاعل في (أ) $K_c < Q$ ∴ عكسي

وإن حاصل التفاعل في (ب) $K_c < Q$ ∴ عكسي

وفي (هـ) $K_c = Q$ في حالة اتزان

∴ الإجابة الصحيحة : د– كل الإجابات السابقة خاطئة.

س3 / علل ما يأتي :

١– زيادة حجم إناء التفاعل لتفاعل غازي مولات النواتج أقل من مولات المتفاعلات الغازية يؤدي إلى خفض المنتوج.

الحل / عند زيادة حجم إناء التفاعل يقل الضغط المسلط وعند خفض الضغط المسلط على التفاعل يتجه التفاعل نحو المولات الأكثر وهي مولات المتفاعلات لذلك يقل المنتوج.

٢- قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات الغير الانعكاسية كبيرة جداً. وزاري ٢٠١٥ د٢

الحل / لأن معظم أو جميع تراكيز المتفاعلات قد تحولت إلى ناتج لذلك تكون قيمة ثابت الاتزان لها قيمة غير معرفة أو كبيرة جداً.

٤- في التفاعل الافتراضي المتزن طاقة + $A_{(g)} \rightleftharpoons B_{(g)}$ لا تتغير حرارة إناء التفاعل عند زيادة الضغط الكلي.

الحل / لأن عدد مولات غازات النواتج والمتفاعلات متساوية فإن زيادة الضغط لا تؤثر على حالة الاتزان لذلك لا تتغير حرارة إناء التفاعل.

٥- ترتفع درجة حرارة تفاعل ماص للحرارة عندما $K_c = 0.3$ و $Q = 1$.

الحل / $\because$ $Q > K_c$ $\therefore$ لكي تحصل حالة الاتزان ينحرف التفاعل نحو المتفاعلات أي تزداد سرعة التفاعل الخلفي (الباعث للحرارة) فتزداد درجة الحرارة.

٦- يعتبر التفاعل باعث للحرارة إذا انخفضت قيمة $K_c$ للتفاعل عند زيادة درجة الحرارة.

الحل / $\because$ عند زيادة درجة الحرارة يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل الماص للحرارة وبما أن زيادة درجة الحرارة أدى إلى انخفاض قيمة $K_c$ وهذا يعني انخفاض تراكيز النواتج نتيجة زيادة سرعة التفاعل العكسي (الماص للحرارة) لذلك فالتفاعل الأمامي هو الباعث للحرارة.

س٣ / علل / ٧- قيمة $K_c$ تزداد عند رفع درجة حرارة التفاعل في حالة التفاعلات الماصة.

الحل / لأنه عند رفع درجة الحرارة ينزاح التفاعل نحو اليمين (نحو النواتج) بسبب زيادة سرعة التفاعل الأمامي وبذلك تزداد تراكيز النواتج عند حالة التوازن الجديدة وتقل تراكيز المتفاعلات فتزداد قيمة $K_c$.

٨- زيادة الضغط على خليط متوازن $\Delta n_{(g)} = +1$ فإن الاتزان ينزاح باتجاه المتفاعلات.

الحل / لأن عدد مولات النواتج > عدد مولات المتفاعلات وعند زيادة الضغط فإن التفاعل ينزاح نحو المولات الأقل.

٩- تتوقف التفاعلات تماماً بينما تظهر تفاعلات أخرى وكأنها متوقفة.

الحل / تتوقف بعض التفاعلات تماماً لأنها تفاعلات غير انعكاسية استهلك فيها تراكيز أحد المواد المتفاعلة أو جميعها بينما تظهر تفاعلات أخرى وكأنها متوقفة لأنها تفاعلات انعكاسية قد وصلت إلى حالة الاتزان عندها $R_f = R_b$ (سرعة التفاعل الأمامي = سرعة التفاعل الخلفي).

١٠- في التفاعل المتزن الآتي :

$SO_2Cl_{2(g)}$ + طاقة $\rightleftharpoons SO_{2(g)} + Cl_{2(g)}$

ترتفع حرارة التفاعل عند إضافة $SO_2$ إلى خليط الاتزان.

الحل / عند إضافة $SO_2$ تختل حالة الاتزان وتزداد سرعة التفاعل العكسي (الباعث للحرارة) لأن التفاعل الأمامي (ماص للحرارة) وبذلك ترتفع حرارة التفاعل.

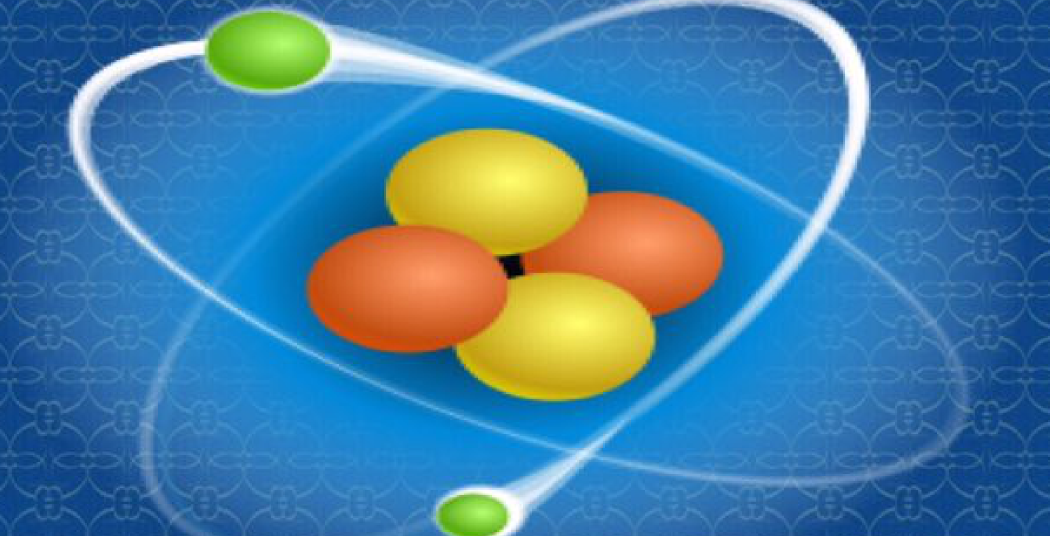
أضواء على

# الكيمياء

للسادس العلمي

الفصل الثالث

## الاتزان الأيوني



اعداد الاستاذ

أحمد النداوي

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

## انطلاقا من قول المصطفى (ص) : ((زكاة العلم نشرهُ و تعليمهُ))

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بين ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السادس الاعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير.

إذ أن شبكتنا لاتقتصر علی نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشر الدروس المرئية المجانية لأكفأ التدريسيين بالأضافة الى مجموعة قنواتنا التدريسية وكذلك الأرشادات والنصائح وطرق الدراسة الصحيحة هذا من جهة. أما من جهة أخرى فهو كسر لشوكة بعض المحسوبين على الكادر التدريسي ممن يرفضون نشر ملازمهم والتعاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

علماً ان كادر الشبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشباب العراقي الواعي المثقف بالأضافة الى تعاون بعض المدرسين الكرام كما واننا غير تابعين لأي جهة كانت رسمية او غير رسمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت آملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

كادر شبكة رحلة التفوق في السادس

٢٠١٥/٨/٢١



# الفصل الثالث
# الاتزان الأيوني
# Ionic Equilibrium

**المحلول المائي** : مزيج متجانس ناتج من ذوبان مادة تسمى المذاب Solute في الماء وهو المذيب

تقسم المواد من حيث قابليتها على إيصال التيار الكهربائي إلى :

١- **المواد غير الالكتروليتية** None – electrolytes :

هي المواد التي ليست لمحاليلها المائية أو منصهراتها قابلية على إيصال التيار الكهربائي بسبب عدم تأينها حيث ليس للماء قدرة على كسر الأواصر التساهمية في مركباتها مثل سكر السكروز $(C_{12}H_{22}O_{11})$.

٢- **المواد الالكتروليتية (الالكتروليتات)** Electrolytes :

هي المواد التي لمحاليلها المائية أو منصهراتها قابلية على ايصال التيار الكهربائي بسبب تأينها في محاليلها أو منصهراتها.

**الصفات المميزة للالكتروليتات** : وزاري ٢٠١٤

١- قابليتها على إيصال التيار الكهربائي في محاليلها أو منصهراتها.

٢- محاليلها تكون متعادلة كهربائياً أي محصلة الشحنة الكهربائية فيها تساوي صفر.

٣- عند ذوبان الالكتروليتات في مذيب مستقطب كالماء، فإن محلولها سوف يتضمن أيونات موجبة Cations وأيونات سالبة Anions.

٤- تعتمد قابلية المحلول الالكتروليتي للتوصيل الكهربائي على ١- طبيعة الأيونات المكونة له وعلى ٢- تركيز الأيونات فيه ٣- وعلى درجة حرارة المحلول. وزاري ٢٠١٣

**أقسام الالكتروليتات حسب قابلية نقلها للتيار الكهربائي** :

أ- **الالكتروليتات القوية** : هي المواد التي لمحاليلها المائية قدرة عالية لتوصيل الكهربائية بسبب تفككها التام مثل الحوامض القوية والقواعد القوية ومعظم الأملاح الذائبة في الماء.

الأمثلة :

$$HCl_{(g)} \xrightarrow{H_2O} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$$NaOH_{(s)} \xrightarrow{H_2O} Na^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$KNO_{3(s)} \xrightarrow[\text{تأين تام}]{H_2O} K^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

## ((جدول يوضح فيه أهم الحوامض القوية))

**الحوامض القوية : (حفظ)**

حامض الكبريتيك $H_2SO_4 \xrightarrow{H_2O} 2H^+ + SO_4^{-2}$

حامض الكروميك $H_2CrO_4 \xrightarrow{H_2O} 2H^+ + CrO_4^{-2}$

حامض البيرمنغنيك $HMnO_4 \xrightarrow{H_2O} H^+ + MnO_4^-$

حامض البيركلوريك $HClO_4 \xrightarrow{H_2O} H^+ + ClO_4^-$

حامض النتريك $HNO_3 \xrightarrow{H_2O} H^+ + NO_3^-$

حامض الهيدروكلوريك $HCl \xrightarrow{H_2O} H^+ + Cl^-$

حامض الهيدروبروميك $HBr \xrightarrow{H_2O} H^+ + Br^-$

حامض الهيدرويوديك $HI \xrightarrow{H_2O} H^+ + I^-$

يمكن حساب $[H^+]$ رياضياً للحامض القوي من خلال القانون الآتي :

عدد H في الصيغة الكيميائية × [الحامض القوي ] = $[H^+]$ في المحلول

**علل: قيمة ثابت تفكك الحامض القوي قيمة غير معرفة أو كبيرة جداً.**

ج / لأن الحامض القوي يتأين تأين تام حيث تركيز الحامض بعد التأين يساوي (صفر) وكل قيمة مقسومة على (صفر) هي قيمة غير معرفة.

| | $HCl \longrightarrow$ | $H^+$ + | $Cl^-$ |
|---|---|---|---|
| قبل التأين | y | 0 | 0 |
| بعد التأين | 0 | y | y |

قيمة غير معرفة $= K_a = \frac{y^2}{0}$

## القواعــد القويــة : (حفظ)

هيدروكسيد البوتاسيوم KOH $\xrightarrow{H_2O}$ $K^+ + OH^-$

هيدروكسيد الصوديوم NaOH $\xrightarrow{H_2O}$ $Na^+ + OH^-$

هيدروكسيد الربيديوم RbOH $\xrightarrow{H_2O}$ $Rb^+ + OH^-$

هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ $\xrightarrow{H_2O}$ $Ca^{+2} + 2OH^-$

هيدروكسيد الباريوم $Ba\,(OH)_2$ $\xrightarrow{H_2O}$ $Ba^{+2} + 2OH^-$

يمكن حساب $[OH^-]$ رياضياً من خلال القانون الأتي:

**عدد OH في الصيغة الكيميائية للقاعدة القوية × [القاعدة القوية] = $[OH^-]$ للقاعدة القوية**

## طريقة حل مسائل الحوامض القوية والقواعد القوية

١. نشخص المادة فيما اذا كانت حامض قوي أو قاعده قوية

٢. نكتب معادلة تأين الحامض أو القاعده

٣. نضع أسفل كل مكون من مكوناتها قيمه تركيزه

٤. نجد قيمة التركيز المطلوب

٥. تركيز $[H^+]$ للحامض هو تركيز الحامض مضروب بعدد مولات $[H^+]$ في معادلة التأين التام

٦. تركيز $[OH^-]$ للقاعده هو تركيز القاعده مضروب بعدد مولات $[OH^-]$ في معادلة التأين التام

س: أحسب التراكيز المولارية لأيون الباريوم $Ba^{2+}$ وايون $OH^-$ في محلول 0.03 M من هيدروكسيد الباريوم

الحل:

| $Ba(OH)_2$ → | $Ba^{+2}$ | + $2OH^-$ |
|---|---|---|
| 0.03 | 0 | 0 |
| 0 | 0.03 | 2 × 0.03 |

$[Ba^{+2}] = 0.03$

$[OH^-] = 0.06$

**س / جد $[OH^-]$ في محلول $Ca(OH)_2$ والناتج من إذابة 7.4 g منه في 0.5 L من الماء المقطر علماً أن الكتلة المولية لهيدروكسيد الكالسيوم تساوي 74g/mol.**

**الحل /**

$$n = \frac{m}{M} = \frac{7.4}{74} = 0.1\ mole$$

$$M_{Ca(OH)_2} = \frac{n}{V_{(L)}} = \frac{0.1}{0.5} = 0.2\ mol/L$$

$$Ca(OH)_2 \xrightarrow{\text{تأين تام}} Ca^{+2} + 2OH^-$$

| | $Ca(OH)_2$ | $Ca^{+2}$ | $2OH^-$ |
|---|---|---|---|
| قبل التأين | 0.2 | 0 | 0 |
| بعد التأين | 0 | + 0.2 | 2 × 0.2 = 0.4 |

$$\therefore [OH^-] = 0.4\ mole/L$$

**واجب س / احسب تراكيز الأصناف الأيونية في محاليل المركبات الآتية :**

**أ- محلول HBr بتركيز 0.25 M.**

**ب- محلول لـ KOH ناتج من إذابة 0.01 mole في 100ml من الماء المقطر.**

**ج- محلول ناتج من إذابة 1.11g من $CaCl_2$ في 250 ml من المحلول.**
**علماً أن الكتلة المولية له = 111g/mol.**



**ب- الالكتروليتات الضعيفة : هي المواد التي لمحاليلها المائية قابلية ضعيفة على توصيل الكهربائية بسبب تأينها غير التام في محاليلها المائية مثل الحوامض الضعيفة والقواعد الضعيفة والأملاح شحيحة الذوبان في المحلول المائي المشبع.**

$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$ ح. ضعيف

$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ ق. ضعيفة

$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ ملح شحيح الذوبان

* إن السهمين المتعاكسين يعني (تأين غير تام) ووصول المحلول المائي إلى حالة اتزان أيوني. والمعادلات ألسابقة تعبر عن تفاعلات انعكاسية.

**الأتزان الأيوني** : هي عملية اتزان حركي (ديناميكي) بين جزيئات المادة والأيونات الناتجة من تفككها في محلولها المائي ويكون فيها معدل سرعة التفاعل الأمامي والتفاعل الخلفي متساوية $(R_b = R_f)$ وتكون جميع مكونات المحلول في حالة تفاعل مستمر ولكن مع بقاء جميع تراكيز مكونات مزيج التفاعل عند حالة الاتزان ثابتة لا تتغير عند ثبوت درجة الحرارة.

$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons CH_3COO^-_{(aq)} + H^+_{(aq)}$$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$$

حيث $K_a$ = ثابت تفكك الحامض الضعيف.

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{aq} + OH^-_{aq}$$

$$K_{eq} = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3][H_2O]}$$

تركيز $[H_2O]$ يهمل لان قيمته كبيرة جداً وهو يعتبر المذيب

$$K_{eq} \times [H_2O] = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

حيث $K_b$ = ثابت تفكك القاعدة الضعيفة.

**التأين الذاتي للماء Self – ionization of water :**

حسب نظرية برونشتد فإن الماء يسلك سلوكاً امفوتيرياً حيث يتفاعل الماء مع نفسه كما في المعادلة الآتية :

$$H_2O_{(L)} + H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

وبشكل أبسط :

$$H_2O \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

* تعتبر عملية التأين الذاتي للماء عملية برتنة ذاتية (انتقال بروتون بشكل تلقائي) وهي المسؤولة عن الصفة الامفوتيرية للماء.

**الحاصل الأيوني للماء** : يمثل حاصل ضرب التراكيز المولارية لـ $H^+$ و $OH^-$ والناتجة من تفكك الماء باعتباره الكتروليت ضعيف وتساوي $1\times10^{-14}$ M عند $25c°$.

$K_w = [H^+][OH^-]$

$1\times10^{-14} = [H^+][OH^-]$ **ملاحظة**: يطبق على جميع انواع المحاليل المائية

* إن الذي يظهر الصفة الحامضية هو $H^+$ والذي يظهر الصفة القاعدية هو $OH^-$.
* في الماء المقطر والمحلول المتعادل فإن $[H^+] = [OH^-] = 1\times10^{-7}$.
* إذا كان $[H^+] > [OH^-]$ فالمحلول حامضي.
* إذا كان $[OH^-] > [H^+]$ فالمحلول قاعدي.

س / محلول $[H^+]$ فيه يساوي $10^{-2}$M فبين هل المحلول حامضي أم قاعدي.

الحل /

$[H^+][OH^-] = 1\times10^{-14}$

$[OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{[H+]} = \frac{1\times10^{-14}}{10^{-2}} = 1\times10^{-12}$ M

$\because [H^+] > [OH^-]$

$\therefore$ المحلول حامضي.

**المقياس اللوغارتمي Px أو (الاسي)**

ويمثل اللوغارتم السالب للقيمة العددية للكمية X

$PK_w = -\log K_w$

$PK_a = -\log K_a$

$PK_b = -\log K_b$

$Px = -\log [x]$

$PH = -\log [H^+]$

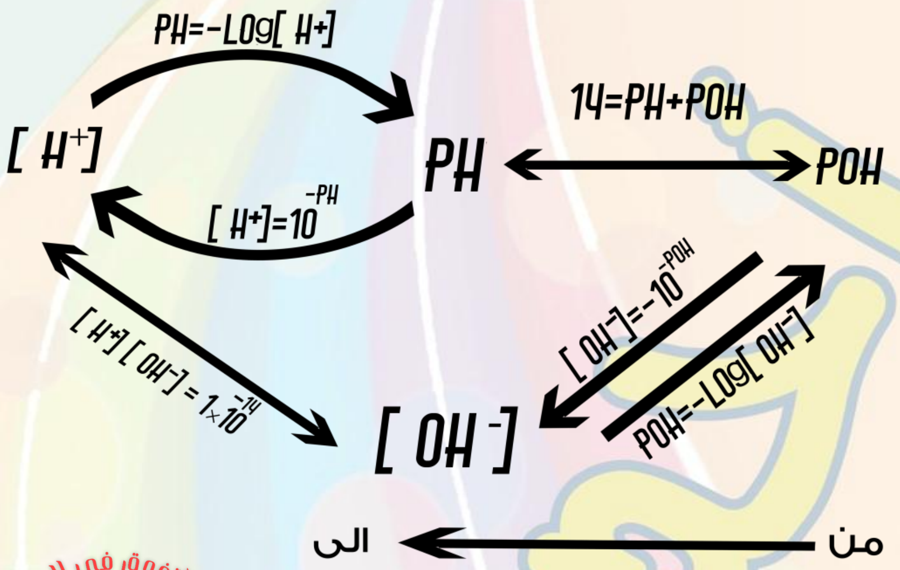
$POH = -\log [OH^-]$



$PH + POH = 14$ يطبق على جميع انواع المحاليل المائية

$[H^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-POH}$

$K_a = 10^{-PKa} \Rightarrow K_b = 10^{-PKb}$




Log 2 = 0.3

Log 3 = 0.47

Log 4 = 0.6

Log 5 = 0.7

Log 6 = 0.77

Log 7 = 0.84

Log 8 = 0.9

Log 9 = 0.95

إذا كان PH = 7 فالمحلول متعادل أو ماء مقطر.

إذا كان PH >7 فالمحلول حامضي.

إذا كان PH <7 فالمحلول قاعدي.

كلما تقل قيمة PH تزداد الحامضية (التناسب عكسي).

وكلما تزداد قيمة PH تزداد القاعدية (التناسب طردي).

* يستخدم مقياس PH للتعرف على حامضية أو قاعدية المحلول وذلك للتخلص من صعوبة التعامل مع التراكيز المولارية الصغيرة جداً لأيونات $H^+$ و $OH^-$.

* PH يسمى دالة الحامضية أو الأس الهيدروجيني.

* POH يسمى دالة القاعدية أو الأس الهيدروكسيدي أو الهيدروكسيلي.

* <u>سلم PH يتراوح بين (الصفر و14) ولكن يمكن الحصول على PH سالبة في حالة التراكيز العالية للحوامض القوية ويمكن الحصول على PH > 14 في حالة التراكيز العالية للقواعد القوية.</u>



**3 – 25** (**أسئلة الفصل**) كم هي كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم (M = 56g/mole) اللازم إضافتها إلى 200 mL من الماء لتصبح قيمة PH لمحلول الناتج تساوي 11؟

**الحل:**

$PH = 11 \Rightarrow POH = 14 - 11 \Rightarrow POH = 3 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-3}$ M

$\therefore [OH^-] = [KOH] = y = 10^{-3}$ M

| $KOH \longrightarrow$ | $K^+$ + | $OH^-$ |
|---|---|---|
| y | 0 | 0 |
| 0 | y | y |

ملاحظة: أذا طلب في السؤال ايجاد كتلة او عدد مولات والمعطى هو $[H^+]$ PH أو $[OH^-]$ POH فيجب أيجاد التركيز المولاري للحامض او للقاعدة

$m = M \times M \times V_L \Rightarrow m = 0.001 \times 56 \times \frac{200}{1000}$

$m = 0.056 \times 0.2$

$m = 0.0112g$

**س /** أحسب قيمة PH محلول $HNO_3$ فيه تركيزه 0.05 M ثم أحسب $[OH^-]$ و POH علماً أن log 5 = 0.7.

| | تأين تام | | | |
|---|---|---|---|---|
| $HNO_3$ حامض قوي | $\longrightarrow$ | $H^+$ + | $NO_3^-$ | |
| 0.05 | | 0 | 0 | قبل التأين |
| 0 | | 0.05 | 0.05 | بعد التأين |

$[H^+] = 0.05$ M

$PH = -\log [H^+] \Rightarrow PH = -\log 0.05 \Rightarrow PH = -\log 5 \times 10^{-2}$

$PH = +2 - \log 5 \Rightarrow PH = 2 - 0.7 = \boxed{1.3}$

$[OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{[H+]} \Rightarrow [OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{5\times10^{-2}} = 2 \times 10^{-13}$ M

$PH + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - 1.3 = \boxed{12.7}$

ت3 - 7 / إذا كانت قيمة PH لمحلول لحامض النتريك $HNO_3$ (3.3) جد مولاريته.

وان اللوغارتيم المعكوس لـ 0.7 = 5

الحـل /

تأين تام

$HNO_3$ حامض قوي $\longrightarrow H^+ + NO_3^-$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | y | 0 | 0 | قبل التأين |
| | 0 | y | y | بعد التأين |

PH = 3.3

$[H^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-3.3}$

$y = [H^+] = 5 \times 10^{-4}$ M

$\therefore [H^+] =$ [الحامض] $= 5 \times 10^{-4}$ M



س / ما عدد مولات $Ba(OH)_2$ الذائبة في 100 ml من المحلول للحصول على محلول PH له = 12

الحـل /

$Ba(OH)_2 \longrightarrow Ba^{+2} + 2OH^-$

| | | |
|---|---|---|
| X | 0 | 0 |
| 0 | x | 2x |

PH = 12

POH = 14 – 12 = 2

$[OH^-] = 10^{-POH} = 10^{-2}$ M

$2x = 0.01 \quad \Rightarrow \quad x = \frac{0.01}{2} = 0.005$ M

$n = M \times V(L) \Rightarrow n = 0.005 \times \frac{100}{1000} = 5 \times 10^{-4}$ mole

س: (واجب) أحسب $[H^+]$ و $[OH^-]$ و POH و PH لمحلول حامض الهيدروكلوريك HCl بتركيز 0.015 M علماً ان log 15 = 1.2

**ت 3 - 5 /** أحسب تركيز أيونات الهيدروجين في محلول يحتوي على أيونات الهيدروكسيد المائية بتراكيز ( أ ) 0.01 M. و (ب) $2\times10^{-9}$ M

(أ)

$K_w = [H^+][OH^-] \Rightarrow 1\times10^{-14} = [H^+][10^{-2}]$

$\therefore [H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{10^{-2}} \Rightarrow [H^+] = 10^{-12}$ M

(ب)

$K_w = [H^+][OH^-] \Rightarrow 1\times10^{-14} = [H^+][2\times10^{-9}]$

$[H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{2\times10^{-9}} \Rightarrow [H^+] = 5\times10^{-6}$ M

**ت 3 - 6 /** أحسب قيم الدالة الحامضية PH للمحاليل الآتية :

( أ ) $6\times10^{-4}$ M لحامض الهيدروكلوريك

(ب) 0.03 M حامض الكبريتيك

$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$

| | $HCl$ | $H^+$ | $Cl^-$ |
|---|---|---|---|
| تراكيز ابتدائية | $6\times10^{-4}$ | 0 | 0 |
| بعد التأين | 0 | $6\times10^{-4}$ | $6\times10^{-4}$ |

$PH = -\log[H^+] \Rightarrow PH = -\log 6\times10^{-4} \Rightarrow PH = 4 - \log 6$

$PH = 4 - 0.78 \Rightarrow PH = 3.22$

$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$

| $H_2SO_4$ | $2H^+$ | $SO_4^{2-}$ |
|---|---|---|
| 0.03 | 0 | 0 |
| 0 | 0.06 | 0.03 |

$PH = -\log[H^+] \Rightarrow PH = -\log 6\times10^{-2} \Rightarrow PH = 2 - 0.78$

$PH = 1.22$

**ت 3 - 9 /** أحسب قيم $[H^+]$ و PH و $[OH^-]$ و POH للمحلول المائي لـ $Ca(OH)_2$ تركيزه 0.015 M. هل المحلول حامضي أم قاعدي؟ ولماذا؟

## التخفيف

أن اضافة حجم معين من الماء الى حجم معين من محلول أو بالعكس سيؤدي الى تغير في تركيز تلك المادة ولغرض أيجاد تركيز هذه المواد بعد الاضافة أو عدد مرات التخفيف يمكن تطبيق قانون التخفيف

**قانون التخفيف :**

| قبل التخفيف | | بعد التخفيف |
|---|---|---|
| $M_1 \times V_1$ | = | $M_2 \times V_2$ |

$M_1$= التركيز المولاري قبل التخفيف ، $M_2$= التركيز المولاري بعد التخفيف

V1= حجم المحلول قبل التخفيف ، V2= حجم المحلول بعد التخفيف

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$

- التغير في الأس الهيدروجيني ← $\Delta PH$
- قيمة PH بعد الاضافة ← $PH_2$
- قيمة $PH_1$ قبل الاضافة وتمثل مابعد كلمة الى في السؤال فاذا كان ماء مقطر $PH_1$ = ٧ اما اذا كان حامض او قاعدة نجد $PH_1$ من المعطيات ← $PH_1$

س / محلول لحامض الكبريتيك حجمه 100ml قيمة PH له تساوي 2.7 كم سيصبح PH له بعد إضافة 900ml من الماء المقطر إليه علماً أن اللوغارتم المعكوس لـ (0.3) = 2 وما قيمة $\Delta PH$.

الحل /

$$\text{حامض قوي } H_2SO_4 \xrightarrow[\text{تام}]{\text{تأين}} 2H^+ + SO_4^{-2}$$

| | $H_2SO_4$ | $2H^+$ | $SO_4^{-2}$ |
|---|---|---|---|
| قبل التأين | y | 0 | 0 |
| | 0 | 2y | y |

$PH = 2.7 \Rightarrow [H^+] = 10^{-PH}$

$\therefore [H^+] = 10^{-2.7} \Rightarrow [H^+] = 2 \times 10^{-3}\ M = 2y \Longrightarrow y = \dfrac{2\times10^{-3}}{2}$

$y = 1\times 10^{-3}\ M = [H_2SO_4]$

* عند إضافة الماء إلى الحامض سيتغير الحجم وبذلك سيتغير التركيز وبهذا يجب استخراج التركيز الجديد للحامض. والحجم الجديد يمثل مجموع الحجمين.

$M_1 \times V_1 = M_2 \times (900 + 100)$

$10^{-3} \times 100 = M_2 \times 1000$

$M_2 = \frac{10^{-3}\times100}{1000} = 10^{-4}\ M$

$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$

$1\times10^{-4} \qquad 0 \qquad 0$

$0 \qquad 2\times10^{-4} \qquad 1\times10^{-4}$

$PH = -\log[H^+] \Rightarrow PH = -\log 2\times10^{-4} \Rightarrow PH = 4-0.3$

$\therefore PH = 3.7$

$\therefore \Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 3.7 - 2.7 = 1$



**ملاحظات حول السؤال :**

١) عند تخفيف الحامض يقل التركيز لذلك تقل الحامضية.

٢) عند التخفيف تزداد PH المحلول لذلك ستكون $\Delta PH$ موجبة كما نلاحظ في نتيجة السؤال.

* (عند أضافة ماء الى حامض ستكون $\Delta PH$ قيمة موجبة )

* ( أما إذا أضفنا حامض إلى الماء ستزداد حامضية الماء وتقل PH وبذلك ستكون $\Delta PH$ سالبة).

* ( هنالك علاقة عكسية بين $[H^+]$ و PH فاذا ازدادت $[H^+]$ قل PH وبالعكس )

**فائـدة :** ١–عند إضافة حجم قليل من (1-10ml) بتركيز معين إلى حجم كبير فإن $(V_2)$ يمثل الحجم الكبير فقط وذلك لسهولة الحل في الحسابات التقريبية.

٢– أما عند إضافة حجوم كبيرة أو متقاربة إلى بعضها فإن $(V_2)$ يمثل مجموع الحجمين في قانون التخفيف.

**س /** جد $\Delta PH$ عند إضافة 5ml من KOH بتركيز (0.10 M) إلى لتر من الماء المقطر علماً أن log5 = 0.7.

**الحل /**

**قبل الإضافة : ((ماء مقطر))**

مهما كان حجم الماء المقطر فإن $PH_1$ له= ٧

**بعد الإضافة :** * نستخرج تركيز KOH الجديد كما يلي :

$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$5\times0.1 = 1000\times M_2 \Rightarrow M_2 = \frac{5\times10^{-1}}{10^{+3}} = 5\times10^{-4}\ M$

ويمثل تركيز KOH بعد التخفيف $M_2 = 5\times10^{-4}$

<u>بعد الإضافة</u>

قاعدة قوية $KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$

$5\times10^{-4} \quad 0 \quad 0$

$0 \quad 5\times10^{-4} \quad 5\times10^{-4}$

$POH = -\log [OH^-] \Rightarrow POH = -\log 5\times10^{-4} \Rightarrow POH = 4-0.7$

$\therefore POH = 3.3 \Rightarrow PH = 14-POH \Rightarrow PH = 14-3.3 \Rightarrow \boxed{PH_2 = 10.7}$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \rightarrow \Delta PH = 10.7 - 7 = 3.7$

*لاحظ أن قيمة $\Delta PH$ **موجبة** عند إضافة **قاعدة** إلى **الماء** بسبب زيادة القاعدية.

* عند إضافة ماء إلى القاعدة أو المحلول القاعدي ستقل القاعدية وبذلك تقل PH وبهذا ستكون $\Delta PH$ <u>سالبة</u>.

<u>واجب س /</u> أحسب $\Delta PH$ للمحلول الناتج من إضافة 0.5 mole من $HNO_3$ إلى (0.5L) من الماء المقطر.

ملاحظة: قيمة $PH_1$ قبل الاضافة وتمثل مابعد كلمة الى في السؤال فاذا كان ماء مقطر $PH_1 = ٧$ اما اذا كان حامض او قاعدة نجد $PH_1$ من المعطيات

<u>واجب س /</u> أكمل الفراغ الآتي بما يناسبه :

إن مقدار التغير في الاس الهيدروجيني هو ................. عند إضافة 600ml من $H_2O$ المقطر إلى (400ml) من $Ca(OH)_2$ بتركيز (0.1 M) علماً أن (log2 = 0.3).

**3 - 2 (أسئلة الفصل)** جد مقدار التغير في قيمة PH عند إضافة كمية من المحاليل الاتية الى لتر من الماء

١- 1ml من HCl تركيزه 10 M.

٢- 1ml من NaOH تركيزه 10 M.



**ج:**

(١) قبل الاضافة : (ماء مقطر)

$PH_1 = 7$

بعد الإضافة : نستخرج [HCl]

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$10 \times 1 = M_2 \times 1000 \Rightarrow M_2 = \frac{10}{1000} = 0.01\ M$

$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$

| | | |
|---|---|---|
| 0.01 | 0 | 0 |
| 0 | 0.01 | 0.01 |

$\therefore [H^+] = 10^{-2} \Rightarrow PH = -\log 10^{-2}$

$PH_2 = 2 \quad \therefore \Delta PH = PH_2 - PH_1$

$\therefore \Delta PH = 2-7 = -5$

(إذا أضفنا حامض إلى الماء ستزداد حامضية الماء وتقل PH وبذلك ستكون $\Delta PH$ سالبة).

2) قبل الإضافة : (ماء مقطر)

$PH_1 = 7$

بعد الإضافة : نستخرج [NaOH] :

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \Rightarrow 10 \times 1 = M_2 \times 1000 \Rightarrow M_2 = \frac{10}{1000} = 0.01\ M$

$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$

| | | |
|---|---|---|
| 0.01 | 0 | 0 |
| 0 | 0.01 | 0.01 |

(إذا أضفنا قاعدة إلى الماء ستزداد قاعدية الماء وتزداد PH وبذلك ستكون $\Delta PH$ موجبة.

$[OH^-] = 10^{-2}\ M \Rightarrow POH = -\log 10^{-2}$

$POH = 2 \Rightarrow PH = 14 - 2 = 12$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 12-7 = 5$

**3 – 28 (أسئلة الفصل)** أحسب قيمة الاس الهيدروجيني لمحلول نتج من تخفيف 1mL من 13.6 M حامض الهيدروكلوريك إلى لتر بالماء. علماً ان log 136 = 2.134

**الحل:**

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \Rightarrow 13.6 \times 1 = M_2 \times 1000 \Rightarrow M_2 = 0.0136$$

| | $HCl$ | $\longrightarrow H^+$ | $+ \; Cl^-$ |
|---|---|---|---|
| قبل التأين | $136 \times 10^{-4}$ | 0 | 0 |
| بعد التأين | 0 | $136\times10^{-4}$ | $136\times10^{-4}$ |

$$[H^+] = 136 \times 10^{-4} \Rightarrow PH = -\log 136 \times 10^{-4}$$

$$PH = 4 - 2.134$$

$$PH = 1.866$$

## ((الحوامض الضعيفة أحادية البروتون HX)) أو ((HA))

هي الحوامض التي تحتوي جزيئة كل فرد منها على ذرة هيدروجين واحدة قابلة للتأين في محلولها المائي.

١- حامض الهيدروفلوريك HF: $HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$

٢- حامض الهيدروسيانيك HCN: $HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$

٣- حامض النتروز $HNO_2$: $HNO_2 \rightleftharpoons H^+ + NO_2^-$

٤- حامض الخليك $CH_3COOH$: $CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$

٥- حامض الفورميك HCOOH: $HCOOH \rightleftharpoons H^+ + HCOO^-$

٦- حامض البنزويك $C_6H_5COOH$: $C_6H_5COOH \rightleftharpoons H^+ + C_6H_5COO^-$

٧- الفينول $C_6H_5OH$: $C_6H_5OH \rightleftharpoons H^+ + C_6H_5O^-$

يمكن كتابة معادلة عامة للتعبير عن قيمة ثابت التفكك للحامض الضعيف (HA) وكما يلي :

$$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

حامض ضعيف

ثابت تفكك الحامض الضعيف $K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

تكتب اذا ذكر في السؤال حامض ضعيف أحادي البروتون ولم يحدد الحامض

## ((القوانين الرياضية))

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \qquad K_a = \frac{[x]^2}{[acid]}$$

درجة التأين ( التفكك) = تركيز أيون الهيدروجين عند حالة الأتزان / التركيز الأبتدائي للحامض

النسبة المئوية لتفكك الحامض (التأين) = تركيز أيون الهيدروجين عند حالة الأتزان / التركيز الأبتدائي للحامض × 100%

النسبة المئوية للتأين (التفكك) = درجة التأين × ١٠٠%

Ka = درجة التأين × $[H^+]$

وزاري ٢٠١٣

## الحوامض متعددة البروتون أو (متعددة القاعدية)

هي الحوامض التي كل فرد فيها يحتوي في الجزيء له أكثر من ذرة هيدروجين قابلة للتأين

مثل $H_2S$ و$H_2C_2O_4$ و$H_3PO_4$ ،$H_2SO_3$

(مرحلة أولى) $H_2C_2O_4 \rightleftharpoons H^+ + HC_2O_4^-$

حامض الأوكزاليك

س: أكتب معادلات تاين حامض الاوكزاليك $H_2C_2O_4$

$$Ka_1 = \frac{[H^+][HC_2O_4^-]}{[H_2C_2O_4]} = 5.37 \times 10^{-2}$$

(مرحلة ثانية) $HC_2O_4^- \rightleftharpoons H^+ + C_2O_4^{-2}$

$$Ka_2 = \frac{[H^+][C_2O_4^{2-}]}{[HC_2O_4^-]} = 5.1 \times 10^{-5}$$

وزاري ٢٠١٣ د٣

**علل /** تقل قيمة ثابت التفكك لحامض متعدد البروتون بتقدم مراحل تفككه، أي $K_{a2} < K_{a1}$.

**ج /** لأن عملية التفكك في المرحلة الأولى تكون سهلة حيث ينفصل $H^+$ من جزيئة متعادلة أما في المرحلة الثانية فإن $H^+$ ينفصل من أيون (جذر) سالب لذلك عملية التفكك هذه تواجه مقاومة شديدة من قوى التجاذب الكهربائية بين الشحنتين المختلفتين.

## ((أمثلة حسابية حول الحوامض الضعيفة))

**س /** أحسب تركيز أيون الهيدروجين $[H^+]$ في محلول لحامض الخليك حجمه لتر واحد تركيزه (0.1 M) ثم أحسب درجة التأين والنسبة المئوية لتفكك الحامض أذا علمت ان ثابت تفكك حامض الخليك $1.8\times10^{-5}$

**الحل /**

(1

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

| | | |
|---|---|---|
| 0.1 | 0 | 0 |
| 0.1 - x | x | x |

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-]\,[H^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow 1.8\times10^{-5} = \frac{[x]\,[x]}{[0.1 - x]} \Rightarrow [x]^2 = 1.8\times10^{-6}$$

(x في المقام: يهمل)

$$[x] = 1.3\times10^{-3}$$

$$\therefore [H^+] = 1.3\times10^{-3}\ M$$

درجة التأين ( التفكك) = تركيز أيون الهيدروجين عند حالة الأتزان / التركيز الأبتدائي للحامض

درجة التأين ( التفكك) = $\frac{1.3\times10^{-3}}{0.1}$ = $13\times10^{-3}$ أو 0.013

النسبة المئوية لتفكك الحامض (التأين) = تركيز أيون الهيدروجين عند حالة الأتزان / التركيز الأبتدائي للحامض × 100%

النسبة المئوية لتفكك الحامض (التأين) = $\frac{1.3\times10^{-3}}{0.1}$ × 100%

النسبة المئوية لتفكك الحامض (التأين) = 1.3 %

**ملاحظة :** يمكن معرفة الحامض الضعيف من خلال السؤال وذلك بإعطاء أو طلب ثابت تفكك الحامض الضعيف $K_a$ أو درجة التأين أو النسبة المئوية أو يقول الكتروليت ضعيف PH له <7.

**تمرين 3 - 2 /** أحسب تركيز ايون الهيدروجين المائي $[H^+]$ في المحلول المائي لحامض الهيدروسيانيك $(K_a = 4.9 \times 10^{-10})$ تركيزه يساوي 0.2 M

$$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$$

| | | |
|---|---|---|
| 0.2 | 0 | 0 |
| 0.2 – X | X | X |

$$Ka = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$$

$$4.9 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2-X}$$ ← يهمل

$$X^2 = 98 \times 10^{-12}$$

$$X = 9.9 \times 10^{-6}$$

$$X \cong 1 \times 10^{-5} \text{ M } [H^+]$$

رحلة التفوق في السادس
عطاءٌ بلا حدود
A.M.Z

**ت 3 - 3 /** أحسب تركيز أيون الهيدروجين المائي في المحلول المائي للفينول $C_6H_5OH$ $(1.3 \times 10^{-10})$ $K_a$ الذي تركيزه : ( أ ) 0.2 M (ب) بعد تخفيفه لمائة مرة.

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| التراكيز الابتدائية | 0.2 | 0 | 0 |
| التراكيز عند الاتزان | 0.2 – X | X | X |

$$Ka = \frac{[C_6H_5O^-][H^+]}{[C_6H_5OH]} \Rightarrow 1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2-X}$$ ← يهمل

$$X^2 = 0.26 \times 10^{-10} \Rightarrow X = 0.51 \times 10^{-5} \text{ M}$$

ب) بعد تخفيفه لمائة مرة.

عدد مرات التخفيف = تركيز المحلول قبل التخفيف / تركيز المحلول بعد التخفيف

$$100 = \frac{0.2}{\text{تركيز المحلول بعد التخفيف}}$$

تركيز المحلول بعد التخفيف = 0.002 M

أو

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0.2 \times V_1 = M_2 \times 100 V_1$$

$$M_2 = 0.002\ M$$

| | $C_6H_5OH$ | ⇌ | $C_6H_5O^-$ | + | $H^+$ |
|---|---|---|---|---|---|
| التراكيز الابتدائية | 0.002 | | 0 | | 0 |
| التراكيز عند الاتزان | 0.002 – X | | X | | X |

$$Ka = \frac{[C_6H_5O^-][H^+]}{[C_6H_5OH]} \Rightarrow 1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.002 - X}$$

يهمل ($X$)

$$X^2 = 0.26 \times 10^{-12} \Rightarrow X = 0.51 \times 10^{-6}\ M$$

ويمثل تركيز $H^+$ بعد التخفيف

**3 – 4 (أسئلة الفصل)** ما عد غرامات $CH_3COOH$ $(M = 60 g/mol)$ الواجب إضافتها في 250ml من الماء المقطر ليصبح PH المحلول بعد الإضافة 2.7 علماً بأن $PK_a$ للحامض = 4.74. علما ان $\log^{-1} 0.3 = 2$ , $\log^{-1} 0.26 = 1.8$

الحل

PKa =4.74
Ka =1.8 × $10^{-5}$

$$PK_a = -\log K_a \Rightarrow K_a = 10^{-PKa}$$

$$K_a = 10^{-4.74} \Rightarrow K_a = 1.8 \times 10^{-5}$$

| $CH_3COOH$ | ⇌ | $CH_3COO^-$ | + | $H^+$ |
|---|---|---|---|---|
| y | | 0 | | 0 |
| y - x | | x | | x |

$$[H^+] = 10^{-2.7} \Rightarrow [H^+] = 2 \times 10^{-3}$$

ملاحظة: أذا طلب في السؤال ايجاد كتلة او عدد مولات والمعطى هو $[H^+]$ أو PH أو $[OH^-]$ POH فيجب أيجاد التركيز المولاري للحامض او للقاعدة

$$Ka = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH\quad]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{[2\times10^{-3}]^2}{[acid]}$$

$$[acid] = \frac{4\times10^{-6}}{18\times10^{-6}} = 0.22\ M$$

$$m = M \times M \times V_{(L)}$$

$$= 0.22 \times 60 \times \frac{250}{1000} \Rightarrow m = 3.3\ g$$

**3 – 10(أسئلة الفصل)** إذا علمت أن قيمة $K_a$ لحامض البروبانويك $C_2H_5COOH$ تساوي $1.3\times10^{-5}$، ما هي النسبة المئوية لتفكك الحامض في محلوله المائي ذو تركيز 0.65؟

**الحل**

$$C_2H_5COOH \rightleftharpoons C_2H_5COO^- + H^+$$

| | | |
|---|---|---|
| 0.65 | 0 | 0 |
| 0.65 – X | X | X |

$$1.3 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{0.65 - X}$$

(X في المقام) يهمل

$$X^2 = 845 \times 10^{-8}$$

$$X = 29 \times 10^{-4}\ M\ [H^+]$$

$$\% = \frac{[H^+]}{[acid]} \times 100\%$$

$$= \frac{29\times10^{-4}}{65\times10^{-2}} \times 100\%$$

$$= 0.446\ \%$$

**3 – 17 (أسئلة الفصل)** يتأين حامض الخليك في محلوله المائي ذو التركيز 0.01 M بمقدار 4.2%. أحسب ثابت تأين الحامض.

**الحل**

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

| $CH_3COOH$ | $CH_3COO^-$ | $H^+$ |
|---|---|---|
| 0.01 | 0 | 0 |
| 0.01 - x | x | x |

$$\% CH_3COOH = \frac{[H^+]}{[CH_3COOH]} \times 100\% \Rightarrow 4.2\% = \frac{[H^+]}{10^{-2}} \times 100\%$$

$$[H^+] = 4.2 \times 10^{-4} = X$$

$$K_a = \frac{[CH3COO^-]\ [H^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow K_a = \frac{[x]^2}{[acid]} \Rightarrow K_a = \frac{[4.2 \times 10^{-4}]^2}{10^{-2}}$$

$$K_a = \frac{[17.64 \times 10^{-8}]}{10^{-2}} \Rightarrow K_a = 1.76 \times 10^{-5}$$

وزاري ٢٠١٣ د٣

**3 – 26 (أسئلة الفصل)** إذا علمت أن النسبة المئوية للتفكك 0.1 M حامض الهيدروسيانيك HCN تساوي 0.01%، كم هو ثابت تأين هذا الحامض.

**الحل**

| HCN | ⇌ | $H^+$ | + | $CN^-$ |
|---|---|---|---|---|
| 0.1 | | 0 | | 0 |
| -(X) | | +(X) | | +(X) |
| 0.1 – X (يهمل) | | X | | X |

$$\%HCN = \frac{[H^+]}{[HCN]} \times 100\%$$

$$0.01 = \frac{[H^+]}{0.1} \times 100\%$$

$$[H^+] = \frac{10^{-3}}{10^2} = 10^{-5}\ M$$

وكذلك $[CN^-]$

$K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]} = \frac{10^{-5}\times10^{-5}}{10^{-1}} = 10^{-9}$

$\therefore K_a = 1 \times 10^{-9}$

**س خارجي /** محلول لحامض الخليك حجمه لتر واحد تركيزه (0.1 M).

١- أحسب PH له.                ٢- جد درجة تفككه.

٣- كم تصبح PH له ودرجة تأينه إذا أصبح حجمه عشرة أمثال حجمه الأول اعتبر ثابت تفككه $1\times10^{-5}$ مع العلم أن 0.5 = log3.

**الحل /**

1)

$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$

| | | |
|---|---|---|
| 0.1 | 0 | 0 |
| 0.1 - x | x | x |

$K_a = \frac{[x]^2}{[0.1 - X]} \Rightarrow 1\times10^{-5} = \frac{[x]^2}{10^{-1}} \Rightarrow [x]^2 = 10^{-6}$

$\therefore [X^+] = 10^{-3} M = [H^+] \Rightarrow PH = -\log [H^+] \Rightarrow PH = -\log 10^{-3}$

$\therefore PH = 3$

2) درجة التفكك = $\frac{[H^+]}{[CH_3COOH]}$ ⇐ درجة التفكك = $\frac{10^{-3}}{10^{-1}} = 10^{-2}$

3) نستخرج التركيز الجديد للحامض

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$10^{-1} \times 1 = M_2 \times 10 \Rightarrow M_2 = 10^{-2}$ M

$K_a = \frac{[X]^2}{[CH_3COOH]} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{[X]^2}{10^{-2}} \Rightarrow [X]^2 = 10^{-7}$

$[X]^2 = \frac{10}{10} \times 10^{-7} \Rightarrow [X]^2 = 10\times 10^{-8} \Rightarrow [X] = [H] = 3\times 10^{-4}$ M

(لتحويل الاس الفردي الى زوجي نضرب × $\frac{10}{10}$)

$\therefore PH = -\log 3\times 10^{-4} \Rightarrow PH = 4 - 0.5$

$PH = 3.5$

لاحظ أن PH قد زادت أي أن الحامضية قد قلت عند التخفيف بسبب انخفاض $[H^+]$ في المحلول.

درجة التأين = $\frac{[\text{المتأين}]}{[\text{الاصلي}]}$ ⇐ درجة التأين = $\frac{3\times10^{-4}}{10^{-2}} = 3\times10^{-2}$

* لاحظ أن درجة التأين قد زادت ثلاث مرات عند تخفيف المحلول عشرة مرات.

**علل /** تزداد درجة تفكك الالكتروليت الضعيف عند تخفيفه. وزاري ٢٠١٣

**ج:** لانه عند التخفيف سوف تقل عدد أجزاء المذاب في وحدة الحجم ولازالة هذا التأثير وحسب قاعدة لوشاتليه فان المذاب يزيد من تفككه لذلك ستزداد نسبة عدد أجزائه في وحدة الحجم الجديد فتزداد درجة التفكك

**فائـدة /** كل الكتروليت ضعيف أما حامض ضعيف أو قاعدة ضعيفة فإذا كان PH > 7 فهو قاعدة أما إذا كان PH<7 فهو حامض ضعيف

**س /** محلول لالكتروليت ضعيف PH له = 3 ودرجة تأينه تساوي $10^{-2}$ ما تركيزه وكم يصبح PH له إذا أصبح تركيزه $10^{-3}$ M.

**الحل :**

∵ PH للالكتروليت الضعيف = 3

∴ المحلول حامض ضعيف

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

| | | |
|---|---|---|
| HA | $H^+$ | $A^-$ |
| y | 0 | 0 |
| y - x | x | x |

$$K_a = \frac{x^2}{y-x}$$

* X تهمل في الحسابات التقريبية لسهولة الحل ولكي لا تكون لدينا معادلة من الدرجة الثانية لا تحل إلا بالدستور ويمثل قيمة المتأين

$$[H^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-3}\text{ M} \Rightarrow (X)$$

$K_a$ = درجة التأين × $[H^+] \Rightarrow K_a = 10^{-2}\times 10^{-3} = 10^{-5}$

$K_a = \frac{[x]^2}{[y]} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{(10^{-3})^2}{(y)} \Rightarrow y = 10^{-1}$ y

∵ [الحامض الضعيف] = $10^{-1}$ M

∴ عند تغير التركيز يتغير كل شيء في المحلول ما عدا قيمة $K_a$ ثابتة لذلك نجد $[H^+]$ عند التركيز الجديد

$K_a = \frac{[X]^2}{[y]} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{[X]^2}{10^{-3}}$

$\therefore [X]^2 = 10^{-8} \Rightarrow [X] = 10^{-4} = [H^+]$

$PH = -\log [H^+] \Rightarrow PH = -\log 10^{-4}$

$\therefore$ PH = 4

**طريقة ثانية لحساب Ka**

درجة التأين = $\frac{[H^+]}{[acid]}$

$10^{-2} = \frac{10^{-3}}{[NH_3]} \Rightarrow [acid] = \frac{10^{-3}}{10^{-2}}$

$\therefore [acid] = 10^{-1}$ M

$Ka = \frac{[H^+]^2}{[[acid]]}$

$Ka = \frac{10^{-6}}{10^{-1}}$

$Ka = 10^{-5}$

**س(واجب): ما حجم الماء الذي يلزم لاذابة 0.27 g من HCN للحصول على محلول $[H^+]$ فيه $10^{-5}$ علماً ان $Ka_{(HCN)} = 5\times10^{-10}$ علماً ان الكتلة المولية HCN 27 g/mol M**

**ج: 50 ml**

## ((القواعد الضعيفة))

امونيا $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

بيريدين $C_5H_5N + H_2O \rightleftharpoons C_5H_5NH^+ + OH^-$

أنيلين $C_6H_5NH_2 + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+ + OH^-$

مثيل أمين $CH_3NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + OH^-$

*** القوانين الرياضية :**

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

$K_b$ يمثل ثابت تفكك القاعدة الضعيفة.

$$K_b = \frac{[X]^2}{[y]} \qquad K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

درجة التأين ( التفكك) = $\frac{\text{تركيز أيون الهيدروكسيد عند حالة الأتزان}}{\text{التركيز الأبتدائي للقاعدة}}$

النسبة المئوية لتفكك للقاعدة (التأين) = $\frac{\text{تركيز أيون الهيدروكسيد عند حالة الأتزان}}{\text{التركيز الأبتدائي للقاعدة}}$ × 100%

النسبة المئوية للتأين (التفكك) = درجة التأين × ١٠٠%

Kb = درجة التأين × $[OH^-]$

**ملاحظة /** يمكن معرفة القاعدة الضعيفة من خلال السؤال وذلك بإعطاء أو طلب ثابت تفكك القاعدة الضعيفة أو درجة التأين أو النسبة المئوية أو يقول الكتروليت ضعيف PH له >7.

**(مثال 3-5)** أحسب تركيز أيون الهيدروكسيد $[OH^-]$ ودرجة التأين والنسبة المئوية للتأين للمحلول المائي للأمونيا الذي تركيزه يساوي 0.2 M علماً ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $Kb\ (NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| التراكيز الابتدائية | 0 | 0 | 0.2 |
| التراكيز عند الاتزان | x | x | 0.2 - x |

$$K_b = \frac{[OH^-]\ [NH_4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{[x]\ [x]}{[0.2 - x]} \Rightarrow [x]^2 = 3.6\times10^{-6}$$

يهمل (x في المقام)

$[x] = 1.9\times10^{-3}$ $\therefore [OH^-] = 1.9\times10^{-3} M$

درجة التأين ( التفكك) = $\frac{\text{تركيز أيون الهيدروكسيد عند حالة الأتزان}}{\text{التركيز الأبتدائي للقاعدة}}$

درجة التأين ( التفكك) = $\frac{1.9 \times 10^{-3}}{0.2} = 0.0095$

النسبة المئوية لتفكك للقاعدة (التأين) = $\frac{\text{تركيز أيون الهيدروكسيد عند حالة الأتزان}}{\text{التركيز الأبتدائي للقاعدة}} \times 100\%$

النسبة المئوية لتفكك للقاعدة (التأين) = $\frac{1.9 \times 10^{-3}}{0.2} \times 100\%$

النسبة المئوية لتفكك للقاعدة (التأين) = $0.95\ \%$

**ت 3 - 4 /** أحسب درجة تأين للمحلول المائي للانيلين $C_6H_7N$ أو $(C_6H_5NH_2)$
قيمة $K_b$ له تساوي $3.8 \times 10^{-10}$ والذي تركيزه 0.1M

$$C_6H_7N + H_2O \rightleftharpoons C_6H_7NH^+ + OH^-$$

| | $C_6H_7N$ | $C_6H_7NH^+$ | $OH^-$ |
|---|---|---|---|
| التراكيز الابتدائية | 0.1 | 0 | 0 |
| التراكيز عند الاتزان | 0.1 – X | X | X |

$$Kb = \frac{[C6H7NH+][OH^-]}{[C_6H_7N]} \Rightarrow 3.8 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.1-X}$$ ← يهمل

$$X^2 = 0.38 \times 10^{-10} \Rightarrow X = 0.62 \times 10^{-5}\ M\ [OH^-]$$

$$\text{درجة التأين} = \frac{[OH^-]}{[base]} \Rightarrow \text{درجة التأين} = \frac{0.62 \times 10^{-5}}{0.1}$$

درجة التأين = $6.2 \times 10^{-5}$

**11–3 (أسئلة الفصل)** ما تركيز الامونيا $[NH_3]$ في المحلول الذي يكون في حالة اتزان مع $[NH_4^+] = 0.01$ و $[OH^-] = 1.2 \times 10^{-5}$؟ علماً أن ثابت تفكك الامونيا $1.8 \times 10^{-5}$.

**الحل**

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

عند الاتزان: $NH_3$ = y ، $NH_4^+$ = 0.01 ، $OH^-$ = $1.2 \times 10^{-5}$

$$K_b = \frac{[OH^-][NH_4^+]}{[NH_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{[OH^-][NH_4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{1.2 \times 10^{-5} \times 10^{-2}}{[NH_3]}$$

$$[NH_3] = \frac{1.2 \times 10^{-5} \times 10^{-2}}{1.8 \times 10^{-5}} = 0.667 \times 10^{-2}\ M$$

س (خارجى) جد $[H^+]$ و pH لمحلول الامونيا الناتج من إذابة (34g) من الامونيا في (10L) من الماء المقطر علماً أن الكتلة المولية لـ $NH_3$ = 17g/mol وأن $K_b = 10^{-5} \times$ ٢ و(0.3 = log 2)

**الحل /**

$$[NH_3] = \frac{m}{M \times V_{(L)}} \Rightarrow [NH_3] = \frac{34}{17 \times 10} = 0.2\ M$$

اذا اعطي في السؤال كتلة او مولات يجب تحويلاها الى تركيز مولاري

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

| | | |
|---|---|---|
| 0.2 | 0 | 0 |
| 0.2 - x | x | x |

$$K_b = \frac{[OH^-]\ [NH4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow 2\times10^{-5} = \frac{[x]\ [x]}{[0.2]}$$

$$[X]^2 = 4\times10^{-6} \Rightarrow [X] = 2\times10^{-3} = [OH^-]$$

$$POH = -\log 2\times10^{-3} \Rightarrow POH = 3 - 0.3 = 2.7$$

$$\therefore [H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{2\times10^{-3}} = 5\times10^{-12}$$

$$PH + POH = 14$$

$$PH = 14 - 2.7$$

$$\therefore PH = 11.3$$

س (خارجى) أكمل الفراغ الآتي: محلول لقاعدة ضعيفة درجة تفككه $10^{-4}$ و PH له = 10 لذلك ثابت تفككها هو ...............

**الحل /**

$$PH + POH = 14 \Rightarrow POH = 14 - 10 = 4$$

$$\therefore [OH^-] = 10^{-POH} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-4}$$

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

| | | |
|---|---|---|
| y | 0 | 0 |
| y-x | $10^{-4}$ | $10^{-4}$ |

$$\text{درجة التأين ( التفكك )} = \frac{\text{تركيز أيون الهيدروكسيد عند حالة الأتزان}}{\text{التركيز الأبتدائي للقاعدة}}$$

$$10^{-4} = \frac{10^{-4}}{y} \longrightarrow 1M = y$$

$$Kb = \frac{[x]\ [x]}{[y]} \longrightarrow Kb = \frac{10^{-4} \times 10^{-4}}{1} \longrightarrow Kb = 10^{-8}$$

**س خارجي/** محلول لقاعدة ضعيفة النسبة المئوية لتأينها 2%، ما قيمة الاس الهيدروجيني لها علماً أن $K_b = 10^{-5}$ وأن $\log 2 = 0.3$

**الحل /**

النسبة المئوية للتأين = درجة التأين × 100

2% = درجة التأين × 100%

∴ درجة التأين = 0.02

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

| | | |
|---|---|---|
| y | 0 | 0 |
| y-x | x | x |

$$\text{درجة التأين ( التفكك )} = \frac{\text{تركيز أيون الهيدروكسيد عند حالة الأتزان}}{\text{التركيز الأبتدائي للقاعدة}}$$

$$2\times10^{-2} = \frac{x}{y} \longrightarrow \boxed{y = \frac{x}{2\times10^{-2}}}$$

$$Kb = \frac{[x]\ [x]}{[y]} \longrightarrow 10^{-5} = \frac{[x]\ \cancel{[x]}}{\frac{\cancel{x}}{2\times10^{-2}}} \longrightarrow$$

$X = \frac{1\times10^{-5}}{2\times10^{-2}} \rightarrow X = 0.5\times10^{-3} \rightarrow X = 5\times10^{-4}\ M = [OH^-]$

$[H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{[OH^-]} \Rightarrow [H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{5\times10^{-4}}$

$\therefore [H^+] = 2\times10^{-11} \Rightarrow PH = 11 - 0.3$

$PH = 10.7$

**<u>س خارجي/</u> محلول للبيريدين $C_5H_5N$ تركيزه (0.01 M) ودرجة تأينه $10^{-4}$، ما عدد مولات البيريدين الواجب إضافته إلى لتر من المحلول السابق لكي تتغير دالته الحامضية 0.3 وأن log5 = 0.7.**

$C_5H_5N + H_2O \rightleftharpoons C_5H_5NH^+ + OH^-$

درجة التأين $= \frac{[OH^-]}{[القاعدة]} \Rightarrow \frac{[OH^-]}{[10^{-2}]} = 10^{-4}$

$\therefore [OH^-] = 10^{-6} \Rightarrow POH = 6 \Rightarrow \boxed{PH_1 = 8}$

$K_b = \frac{[X]^2}{[y]} \Rightarrow K_b = \frac{10^{-12}}{10^{-2}} = 10^{-10}$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow 0.3 = PH_2 - 8$

$\boxed{PH_2 = 8.3} \Rightarrow [H^+] = 10^{-PH} = 10^{-8.3}$

$\therefore [H^+] = 5\times10^{-9} \Rightarrow [OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{5\times10^{-9}} = 2\times10^{-6}$

$K_b = \frac{[X]^2}{[y]} \Rightarrow 10^{-10} = \frac{[2\times10^{-6}]^2}{[y]}$

$[y] = \frac{4\times10^{-12}}{10^{-10}} = 4\times10^{-2}\ M$

$n = M \times V \Rightarrow n = 4\times10^{-2} \times 1$

$n$ المضاف $= 0.04 - 0.01 = 0.03\ mol$

## (( الأملاح ))

**التمذوب** : يمثل تفاعل المادة مع المذيب المستعمل لإذابتها.

**التحلل المائي :** يمثل تفاعل المادة المذابة مع الماء والتحلل المائي للملح يقصد به تفاعل أحد الايونات الناتجة من تفكك الملح أو كلاهما مع الماء لتكوين حامض ضعيف أو قاعدة ضعيفة أو كلاهما.

**الملح** : هو المادة الناتجة من اتحاد الجزء الموجب للقاعدة مع الجزء السالب للحامض.

$$Na^+OH^- + H^+Cl^- \longrightarrow Na^+Cl^- + H_2O$$

قاعدة حامض ملح ماء

* يمكن معرفة المحلول الملحي من خلال اسمه حيث ينتهي المقطع الأول من اسم الملح بكلمة ((يد أو يت أو أت)).

**الأمثلة :**

١- كلوريد الصوديوم $NaCl$.

٢- نترات البوتاسيوم $KNO_3$.

٣- كبريتيت الصوديوم $Na_2SO_3$.

* تصنف الاملاح إلى أربعة أنواع :

### ١- أملاح مشتقة من حامض قوي وقاعدة قوية (أملاح متعادلة).

مثل : كلوريد الصوديوم $NaCl$، نترات البوتاسيوم $KNO_3$ ، كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$.

* يمكن معرفة الملح المتعادل من خلال السؤال وذلك بعدم إعطاء ثابت تفكك الحامض أو القاعدة المشتق منهما الملح وذلك لأن ثابت تفكك الحامض القوي أو القاعدة القوية قيمة غير معرفة.

* مهما كان تركيز الملح المتعادل فإن $PH$ له = 7.

**واجب س /** إن قيمة $\Delta PH$ للمحلول تساوي _________ عند إضافة 0.1 مول من $NaCl$ إلى لتر من الماء المقطر؟

**علل /** يكون تأثير محلول NaCl على الدلائل الكيميائية متعادل. وزاري ٢٠١٤

**علل/** تكون المحاليل المائية لاملاح الحوامض القوية والقواعد القوية متعادلة

**ج /** لأن NaCl ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية يتفكك في الماء كما يلي :

$$NaCl \xrightarrow{H_2O} Na^+ + Cl^-$$

ح قرين ضعيف      ق قرينة ضعيفة

وأن كل من $Cl^-$ و $Na^+$ قرائن ضعيفة لا تتفاعل مع الماء بشكل ملحوظ لذلك لا يتغير $[H^+]$

و$[OH^-]$ والناتج من تفكك الماء $(H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-)$ وأن $[H^+] = 10^{-7}$ M.

$\therefore PH = 7$ والمحلول متعادل.

**علل /** محلول ملح يوديد البوتاسيوم لا يتحلل مائياً.

**ج /** لأن ملح يوديد البوتاسيوم مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية يتفكك في الماء كما يلي :

$$KI \xrightarrow{H_2O} K^+ + I^-$$

ح قرين ضعيف      ق قرينة ضعيفة

وأن كل من $I^-$ و $K^+$ قرائن ضعيفة لا تتفاعل مع الماء أي لا تتحلل مائياً.بشكل ملحوظ

**علل (واجب)/** لا يتغير PH الماء المقطر عند إذابة NaCl فيه.

**ج /**

س: أحسب قيمة PH و $[OH^-]$ لـ 0.5M من نترات الصوديوم $NaNO_3$

ج/ بما أن $NaNO_3$ ملح متعادل (مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية).

قيمة PH له = 7

$\therefore POH = 14 - 7 = 7 \Rightarrow [OH^-] = 10^{-POH} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-7}$ M

**س /** أكمل الفراغات الآتية :

عند إضافة 0.001 مول من NaCl إلى لتر من الماء المقطر فإن $[H^+]$ هو <u>$10^{-7}$</u> و $[OH^-]$

هو <u>$10^{-7}$</u> أما PH فهو <u>7</u> وPOH هو <u>7</u>

**الحل :** بما أن NaCl هو ملح متعادل لأنه مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية فإن PH له = 7

$\therefore POH + PH = 14 \Rightarrow POH = 14 - 7 = 7$

$\therefore [H^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-7}$

$\therefore [OH^-] = 10^{-POH} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-7}$

## ٢- املاح مشتقة من قواعد قوية وحوامض ضعيفة (ملح قاعدي).

**الأمثلة :**

A- خلات الصوديوم $CH_3COONa$.　　C- فلوريد البوتاسيوم KF

B- سيانيد البوتاسيوم KCN.　　D- سيانيد الصوديوم NaCN

* يمكن معرفة الملح القاعدي من خلال السؤال وذلك بإعطاء أو طلب $K_a$ للحامض الضعيف المشتق منه الملح أو إعطاء PH للمحلول الملحي >7 أو يعطي ($K_h$ للقاعدة القرينة).

حيث $K_h$ ثابت التحلل المائي للملح القاعدي أو للقاعدة القرينة أو للأيون السالب.

**علل /** تأثير المحلول الملحي لخلات الصوديوم قاعدي أي PH>7.　وزاري ٢٠١٣

**ج /** لأن خلات الصوديوم ملح مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية يتفكك في الماء كما يلي:

وزاري ٢٠١٣

$$CH_3COONa \xrightarrow{H_2O} Na^+ + CH_3COO^-$$

ح قرين ضعيف　　ق قرينة قوية

وأن $CH_3COO^-$ سوف تتفاعل مع الماء لأنها قاعدة قرينة قوية :

أما
$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

لذلك يصبح $[OH^-] > [H^+]$ في المحلول فتظهر الصفة القاعدية أي PH >7.

أو يمكن كتابة هذه المعادلات

$$CH_3COONa \xrightarrow{H_2O} Na^+ + CH_3COO^-$$

ح قرين ضعيف　　ق قرينة قوية

$$H_2O \rightleftharpoons OH^- + H^+$$

## ((القوانيـن الرياضيـة))

1) $K_h = \frac{K_w}{K_a}$ or $Pk_h = PK_w - PK_a$

للملح القاعدي

التسمية للقوي والقانون للضعيف

2) $[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_a}{[C]\text{تركيز الملح}}}$

3) $PH = \frac{1}{2}(PK_w + PK_a + \log[C]$

**ملاحظة:** توجد علاقة عكسية بين $K_h$ للملح القاعدي و$K_a$ للحامض الضعيف المشتق منه الملح حيث كلما كانت $K_a$ صغيرة كلما كانت $K_h$ كبيرة وبذلك تكون درجة تحلل الملح القاعدي كبيرة.

**س /** بين أي الملحين أكثر تحلل مائياً وضح ذلك حسابياً.

١- محلول خلات الصوديوم $CH_3COONa$ قيمة $K_a$ للحامض الضعيف المشتق منه الملح$=2\times10^{-5}$.

٢- محلول سيانيد البوتاسيوم KCN قيمة $K_a$ للحامض الضعيف المشتق منه الملح = $5\times10^{-10}$.

**الحل /**

1) $K_h = \frac{K_w}{K_a} \Rightarrow K_h = \frac{1\times10^{-14}}{2\times10^{-5}}$

$K_h = 5\times 10^{-10}$

2) $K_h = \frac{K_w}{K_a} \Rightarrow K_h = \frac{1\times10^{-14}}{5\times10^{-10}}$

$K_h = 2\times 10^{-5}$

$\because$ $K_h$ للملح الثاني أكبر

$\therefore$ الملح KCN يتحلل بدرجة أكبر.

**س:** أحسب قيمة PH و $[OH^-]$ لـ 0.1M سيانيد الصوديوم NaCN علماً أن $K_a\,(HCN) = 4.9 \times 10^{-10}$

$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_a}{[salt]}} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{\frac{10^{-14} \times 4.9 \times 10^{-10}}{0.1}} \Rightarrow [H^+] = 7\times10^{-12}$

$PH = -\log 7\times10^{-12} \Rightarrow PH = 12 - \log 7 \Rightarrow PH = 12 - 0.85 \Rightarrow PH = 11.15$

$[OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{[H^+]} \Rightarrow [OH^-] = \frac{1\times10^{-14}}{7\times10^{-12}} \Rightarrow [OH^-] = \frac{1}{7}\times10^{-2}\ M$

**س (خارجي) /** أحسب التغير في الاس الهيدروجيني ($\Delta PH$) للمحلول الناتج من إضافة 0.2 mole من خلات الصوديوم إلى لتر من الماء المقطر علماً أن $K_a$ لحامض الخليك = $2\times10^{-5}$، وبين تأثيره على الدلائل الكيميائية.

**الطريقة ١ :** قبل الإضافة (ماء مقطر).

$$\therefore PH_1 = 7$$

**بعد الإضافة :** (محلول خلات الصوديوم).

$$PH = \frac{1}{2}(PK_w + PK_a + \log C)$$

$$PH = \frac{1}{2}(-\log 10^{-14} + (-\log 2\times10^{-5}) + \log 2\times10^{-1})$$

$$= \frac{1}{2}(14 + (5 - 0.3) + (-1 + 0.3))$$

$$= \frac{1}{2}(14 + 4.7 - 0.7)$$

$$= \frac{1}{2}(18)$$

$$PH_2 = 9$$

∴ المحلول قاعدي لأن PH>7

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 9 - 7 = 2$$

**الطريقة ٢ :** قبل الإضافة (ماء مقطر) ∴ $PH_1 = 7$

**بعد الإضافة :**

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_a}{[\text{الملح}]}}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{10^{-14}\times 2\times 10^{-5}}{2\times10^{-1}}} = \sqrt{10^{-18}} = 10^{-9}$$

$$PH = -\log[H^+] \Rightarrow PH = -\log 10^{-9}$$

$$\therefore PH = 9$$

$$\therefore \Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow = 9 - 7$$

$$\Delta PH = 2$$

رحلة التفوق في السادس

**ملاحظة: عند أضافة قاعدة او ملح قاعدي فان قيمة $\Delta PH$ موجبة**

**س/واجب:** اضيف كمية من ملح خلات الصوديوم $CH_3COONa$ الى لتر من الماء المقطر فوجد ان مقادر التغير في الاس الهيدروجيني وحدتين أحسب عدد مولات الملح بعد الاضافة علماً ان ثابت تفكك الحامض الضعيف المشتق منه الملح $2 \times 10^{-5}$

**س / علل / يكون تأثير المحلول المائي لفلوريد البوتاسيوم KF قاعدي.**

**الحل /** بما أن KF ملح مشتق من حامض ضعيف HF وقاعدة قوية KOH يتفكك في الماء كما يلي :

$$KF \xrightarrow{H_2O} K^+ + F^-$$

حامض قرين ضعيف    ق قرينة قوية

وان وان $F^-$ يتفاعل مع الماء يتحلل مائياً $F^- + H_2O \rightleftharpoons HF + OH^-$

لذلك يصبح $[H^+] < [OH^-]$

فتظهر الصفة القاعدية أي $7 < PH$

**(مثال 3-11)** أحسب قيمة PH محلول خلات الصوديوم تركيزه 0.02 M في درجة حرارة 25 C° علماً بأن $Ka(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \cdot K_a}{[C]}} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{\frac{10^{-14} \times 1.8 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-2}}}$$

$$[H^+] = 3 \times 10^{-9} \Rightarrow PH = -\log [H^+] \Rightarrow PH = -\log 3 \times 10^{-9}$$

$$PH = 9 - \log 3 \Rightarrow 9 - 0.47 \Rightarrow PH = 8.53$$

**س (خارجي) /** محلول ملحي دالته القاعدية (POH) = 5 ما قيمة ثابت تفكك الالكتروليت الضعيف المشتق منه الملح إذا علمت أن تركيز هذا الملح = 0.1 M ثم جد $K_h$ للملح أو للايون السالب أو للقاعدة القرينة.

**الحل /**

$$PH + POH = 14 \Rightarrow PH = 14 - 5 = 9$$

∴ الملح قاعدي أي مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية.

$$PH = \frac{1}{2}(PK_w + PK_a + \log C)$$

$$PH = \frac{1}{2}(-\log 10^{-14} + PK_a + \log 10^{-1})$$

$$9 = \frac{1}{2}(-\log 10^{-14} + PK_a + \log 10^{-1})$$

$$9 = \frac{1}{2}(14 + PK_a - 1)$$

$$9 = \frac{1}{2}(13 + PK_a)$$

$$18 = 13 + PK_a \Rightarrow PK_a = 5 \quad \therefore K_a = 10^{-PKa}$$

$$K_a = 10^{-5} \Rightarrow K_h = \frac{K_w}{K_a} \Rightarrow K_h = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9}$$

**ملاحظة** : يمكن أن يتكون ملح قاعدي عند تفاعل قاعدة قوية مع حامض ضعيف بنفس التركيز.

**3 - 23 (أسئلة الفصل)** عند إضافة 25mL من 0.2M محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH إلى 50mL من 0.1 M محلول حامض الخليك، ماذا ستكون قية الاس الهيدروجيني للمحلول الناتج؟ علماً بأن $K_a\ (CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$

**الحل:** نستخرج [NaOH] بعد المزج

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0.2 \times 25 = M_2 \times 75 \Rightarrow M_2 = \frac{0.2\times 25}{75} = \frac{1}{15} = 0.067\ M$$

نستخرج $[CH_3COOH]$ بعد المزج

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \Rightarrow 50 \times 0.1 = M_2 \times 75$$

$$\therefore\ M_2 = \frac{50\times 0.1}{75} = \frac{1}{15} = 0.067\ M$$

| $CH_3COOH$ | + $NaOH$ | $\longrightarrow$ | $CH_3COONa$ | + $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| 0.067 | 0.067 | | 0 | 0 |
| -0.067 | -0.067 | | +0.067 | يهمل لأنه ماء |
| 0.00 | 0.00 | | 0.067 | |

∴ المحلول الناتج هو ملح قاعدي بتركيز (0.067M)

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_a}{[salt]}} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{\frac{10^{-14}\times 1.8\times 10^{-5}}{67\times 10^{-3}}}$$

$$[H^+] = \sqrt{268 \times 10^{-20}} \Rightarrow [H^+] = 16 \times 10^{-10}$$

$$PH = -\log 4^2 \times 10^{-10} \Rightarrow PH = 10 - 2\log 4 \Rightarrow PH = 10 - 2 \times 0.6$$

$$PH = 10 - 1.2 \Rightarrow PH = 8.8$$

طريقة ثانية لإيجاد PH الملح القاعدي

$$PH = \frac{1}{2}(PK_w + PK_a + \log[salt])$$

$$= \frac{1}{2}(-\log 10^{-14} + (-\log 1.8 \times 10^{-5}) + \log 67 \times 10^{-3}$$

$$= \frac{1}{2}(14 + 4.74 + (-3 + \log 67)$$

$$= \frac{1}{2}[18.74 + (-3 + 1.8)]$$

$$= \frac{1}{2}[18.74 - 1.20]$$

$$= \frac{1}{2}[17.54]$$

$$PH = \frac{17.54}{2} \quad \Rightarrow \quad PH = 8.77 \quad \Rightarrow \quad PH = 8.8$$

**س خارجي /** أحسب PH للمحلول الناتج من إضافة (0.1mol) من NaOH إلى لتر من محلول $CH_3COOH$ بتركيز (0.1M) درجة تأينه 0.01.

**الحل /**

قبل الإضافة :

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0.1 | 0 | 0 | قبل التأين |
| 0.1 - y | y | y | توازن |

$$K_a = \frac{y^2}{0.1 - y}$$

يهمل

$$\text{درجة التأين} = \frac{[\text{المتأين}]}{[\text{الاصلي}]}$$

$$10^{-2} = \frac{[H^+]}{10^{-1}} \quad \Rightarrow \quad [H^+] = 10^{-3}$$

$$K_a = \frac{(10^{-3})^2}{10^{-1}} \quad \Rightarrow \quad K_a = 10^{-5}$$

**بعد الإضافة :**

$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

| | $CH_3COOH$ | $NaOH$ | $CH_3COONa$ | $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| قبل التفاعل | 0.1 | 0.1 | 0 | 0 |
| بعد التفاعل | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 |

∴ الناتج ملح خلات الصوديوم (ملح قاعدي)

$$PH = \frac{1}{2}(PK_w + PK_a + \log C)$$

$$PH = \frac{1}{2}(-\log 10^{-14} + (-\log 10^{-5}) + \log 10^{-1}$$

$$= \frac{1}{2}(14 + 5 - 1)$$

$$= \frac{18}{2}$$

$$PH = 9$$

**٣- أملاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية : (ملح حامضي).**

مثل $NH_4Cl$، $C_5H_5NHNO_3$.

* يمكن معرفة الملح الحامضي من خلال السؤال أما بإعطاء أو طلب ثابت تفكك القاعدة الضعيفة المشتق منها الملح أو إعطاء PH للمحلول الملحي < 7، أو إعطاء $K_h$ للايون الموجب أو الحامض القرين.

علل تكون المحاليل المائية لأملاح القواعد الضعيفة والحوامض القوية ذات صفات حامضية

**علل /** PH للمحلول الملحي لـ ($NH_4Cl$) < 7 أو تأثير محلول ملح كلوريد الامونيوم على الدلائل الكيميائية حامضي وزاري ٢٠١٤

**ج/** بما أن ملح $NH_4Cl$ مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة فعند ذوبان الملح في الماء يتفكك بشكل تام وكما يلي :

$$NH_4Cl \xrightarrow{H_2O} NH_4^+ + Cl^-$$

ح.قرين قوي     ق.قرينة ضعيفة

$$H_2O \rightleftharpoons OH^- + H^+$$

$$NH_4^+ + OH^- \rightleftharpoons NH_3 + H_2O$$

يزاح موقع الاتزان →

لذلك يصبح $[H^+] > [OH^-]$ فتظهر الصفة الحامضية أي PH<7

## ((القــوانيــن الرياضيـــة)) :

(1) $K_h = \frac{K_w}{K_b}$

ثابت تحلل الملح الحامضي

(2) $[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times [\text{الملح}]}{K_b}}$

(3) $PH = \frac{1}{2}(PK_w - PK_b - \log [C]$

**ملاحظة :** يوجد تناسب عكسي بين ثابت التحلل المائي للملح الحامضي وثابت تفكك القاعدة الضعيفة المشتق منها الملح.

**واجب س /** بين حسابياً أي الملحين يتحلل مائياً أكثر.

١- محلول كلوريد الامونيوم بتركيز 0.1M $K_b$ للأمونيا = $10^{-5}$.

٢- محلول كلوريد البيريدنيوم بتركيز 0.1M قيمة $K_b$ للبيريدين = $10^{-9}$.

**مثال (3-12)** كم هي قيمة PH محلول كلوريد الأمونيوم $NH_4Cl$ تركيزه 0.2 mol/L ؟ أذا علمت ان قيمة ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $Kb(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$

$$PH = \frac{1}{2}(PK_w - PK_b - \log [C])$$

$$PH = \frac{1}{2}(-\log K_w + \log K_b - \log [C])$$

$$PH = \frac{1}{2}(-\log 10^{-14} + \log 1.8 \times 10^{-5} - \log 0.2)$$

$$= \frac{1}{2}(14 - 4.74 - (-0.7)$$

$$PH = 4.98$$

## الملح الحامضي

ملح مشتق من حامض قوي و قاعدة ضعيفة

PH محلول الملح الحامضي $< 7$

يمكن معرفة الملح الحامضي في السؤال بأعطاء $K_b$ للقاعدة الضعيفة المشتق منها الملح او اعطاء $k_h$ للأيون الموجب او الحامض القرين

### قوانين الملح الحامضي

(A) $k_H = \frac{k_w}{k_b}$

(B) $p_H = \frac{1}{2}(pk_w - pk_b - \log[c])$

(C) $[H^+] = \sqrt{\frac{k_w \times [solt]}{k_b}}$

درجة تحليل الملح الحامضي $= \frac{[H^+]}{[solt]}$

## الملح القاعدي

ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف

PH محلول الملح القاعدي $> 7$

يمكن معرفة الملح القاعدي في السؤال بأعطاء $K_a$ للحامض الضعيفة المشتق منها الملح او اعطاء $k_h$ للأيون السالب او القاعدة القرينة

### قوانين الملح القاعدي

(A) $k_H = \frac{k_w}{k_a}$

(B) $p_H = \frac{1}{2}(pk_w + pk_a + \log[c])$

(C) $[H^+] = \sqrt{\frac{k_w \times k_a}{[solt]}}$

درجة تحليل الملح القاعدي $= \frac{[OH^-]}{[solt]}$

**ت3 - 11 /** أحسب قيمة POH لمحلول نترات الامونيوم $PK_b\ (NH_3) = 4.74$ بتركيز 0.5M، هل المحلول حامضي أم قاعدي؟

وزاري ٢٠١٤

$$PH = \frac{1}{2}\left( PK_w - PK_b - \log [C] \right)$$

$$PH = \frac{1}{2}\left(- \log 10^{-14} - 4.74 - (\log 5 \times 10^{-1}\right)$$

$$= \frac{1}{2}(14 - 4.74 + 1 - 0.7)$$

$$= \frac{1}{2}(9.56)$$

$$PH = 4.78$$

$$PH + POH = 14 \quad \Rightarrow \quad POH = 14 - 4.78$$

$$\therefore POH = 9.22$$

المحلول حامضي لأن $7 > PH$



**3 – 16** (أسئلة الفصل) أحسب قيمة PH و $[OH^-]$ 0.25M نترات الامونيوم $NH_4NO_3$.

علماً أن ثابت تفكك الامونيا $1.8 \times 10^{-5}$

**الحل**

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times [salt]}{K_b}} \Rightarrow [H^+] = \sqrt{\frac{10^{-14} \times 25 \times 10^{-2}}{1.8 \times 10^{-5}}}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{25}{18} \times 10^{-10}} \Rightarrow [H^+] = \frac{5}{4.2} \times 10^{-5} \Rightarrow [H^+] = 1.2 \times 10^{-5}\ M$$

$$PH = -\log 1.2 \times 10^{-5} \Rightarrow PH = 5 - 0.079 \Rightarrow PH = 4.921$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.2 \times 10^{-5}} \qquad = 8 \times 10^{-10}\ M$$

**س خارجي /** تم إذابة 0.083 mole من كلوريد البيريدينيوم $C_5H_5NHCl$ في (0.5L) من الماء المقطر جد دالته القاعدية POH وبين هل المحلول حامضي أم قاعدي علماً أن $K_b = 1.66 \times 10^{-9}$ للبيريدين.

**الحل /**

$$[\text{الملح}] = \frac{n}{V_{(L)}} \Leftarrow [C] = \frac{83\times10^{-3}}{5\times10^{-1}} = 166 \times10^{-3} M$$

$$PH = \frac{1}{2}(PK_w - PK_b - \log [C])$$

$$PH = \frac{1}{2}(-\log 10^{-14} + \log 1.66 \times 10^{-9} - \log 166 \times 10^{-3})$$

$$= \frac{1}{2}(14 - 9 + 0.22 + 3 - 2.22)$$

$$= \frac{1}{2}(6)$$

$$PH = 3$$

∵ PH المحلول < 7 ∴ المحلول حامضي

$\therefore POH = 14 - 3 = 11$

**س خارجي /** محلول ملحي PH له = ٥ ما عدد مولات هذا الملح المذاب في $(\frac{1}{2}L)$ من الماء المقطر علماً أن $K_h$ لهذا الملح = $5\times10^{-10}$.

**الحل /** ∵ PH = 5

∴الملح حامضي (مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة)

$$[H^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-5}\ M \ , \quad K_b = \frac{1\times10^{-14}}{K_h} = \frac{10^{-14}}{5\times10^{-10}}$$

$$\therefore K_b = 2\times10^{-5}$$

$$PH = \frac{1}{2}(PK_w - PK_b - \log [C])$$

$$5 = \ = \frac{1}{2}(-\log 10^{-14} + \log 2 \times 10^{-5} - \log [C])$$

$$5 = \frac{1}{2}(14 - 5 + 0.3 - \log [C]) \Rightarrow -0.7 = \log [C]$$

$$[C] = 2 \times 10^{-1} M \Rightarrow n = 2 \times 10^{-1} \times 5 \times 10^{-1} = 0.1\ mole$$

**س خارجي /** محلول لكلوريد الامونيوم حجمه لتر واحد بتركيز 0.2 M قيمة دالته القاعدية (9)

١) أحسب النسبة المئوية لتأين الامونيا الذي تركيزه (0.2 M).

٢) أحسب $K_h$ للملح ودرجة تحلله.

**الحل / نستخرج Kb بأحدى الطريقتين**

**طريقة ١ :**

$$POH = 9 \Rightarrow PH = 14 - 9 = 5 \Rightarrow [H^+] = 10^{-5}$$

$$PH = \frac{1}{2}(PK_w - PK_b - \log [C])$$

$$5 = \frac{1}{2}(-\log 10^{-14} - PK_b - \log 2 \times 10^{-1})$$

$$5 = \frac{1}{2}(14 - PK_b + 1 - 0.3)$$

$$PK_b = 4.7$$

$$K_b = 10^{-PKb} \Rightarrow Kb = 10^{-4.7} \Rightarrow K_b = 2 \times 10^{-5}$$

**طريقة ٢ : لإيجاد $K_b$**

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times [c]}{K_b}} \Rightarrow 10^{-5} = \sqrt{\frac{10^{-14} \times 2 \times 10^{-1}}{K_b}}$$ بتربيع الطرفين

$$10^{-10} = \frac{2 \times 10^{-15}}{K_b} \qquad K_b = 2 \times 10^{-5}$$

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0.2 | | 0 | 0 |
| 0.2 − y (يهمل) | | y | y |

$$K_b = \frac{y^2}{0.2 - y} \Rightarrow 2 \times 10^{-5} = \frac{y^2}{2 \times 10^{-1}}$$

$$y^2 = 4 \times 10^{-6} \Rightarrow y = 2 \times 10^{-3} M$$

ويمثل $[OH^-]$ = [المتأين]

$$\% NH_3 \text{ لتأين} = \frac{[OH^-]}{[NH_3]} \times 100\% \longrightarrow = \frac{2 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-1}} \times 100\%$$

$$\% NH_3 \text{ لتأين} = 1\%$$

2) $K_h = \frac{K_w}{K_b} \longrightarrow = \frac{10^{-14}}{2 \times 10^{-5}} = 5 \times 10^{-10}$

$\frac{[H^+]}{[\text{الملح}]}$ = درجة التحلل $\longrightarrow$ $\frac{1\times10^{-5}}{2\times10^{-1}}$ = $5 \times 10^{-5}$ = درجة التحلل

**فائـدة :** يمكن أن يتكون ملح حامضي عند تفاعل حامض قوي مع قاعدة ضعيفة بنفس التركيز.

**س /** جد مقدار التغير في الاس الهيدروجيني عند إضافة (0.1mole) من HCl إلى لتر من محلول الامونيا بتركيز (0.1 M) درجة التأين له ($10^{-2}$).

**الحـل /**

**قبل الإضافة :**

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

| | | |
|---|---|---|
| 0.1 | 0 | 0 |
| 0.1 - x | x | x |

درجة التأين = $\frac{[OH^-]}{[\text{القاعدة}]} \Rightarrow 10^{-2} = \frac{[OH^-]}{10^{-1}} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-3}$

$K_b = \frac{[OH^-]^2}{[B]} \Rightarrow K_b = \frac{[10^{-3}]^2}{10^{-1}} \Rightarrow K_b = 10^{-5}$

$POH = -\log [OH] \Rightarrow POH = -\log 10^{-3} \Rightarrow POH = 3$

$\therefore PH = 14 - 3 = 11$

بعد الإضافة :

$NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$

| | | |
|---|---|---|
| 0.1 | 0.1 | 0 |
| 0 | 0 | 0.1 ملح متكون |

$PH_2 = \frac{1}{2}(PK_w - PK_b - \log [C])$

$= \frac{1}{2}[-\log 10^{-14} + \log 10^{-5} - \log 10^{-1}]$

$= \frac{1}{2}[14 - 5 + 1]$

$PH_2 = 5$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 5 - 11 = -6$

## أملاح للقواعد الضعيفة والحوامض الضعيفة

مثل :

١ – خلات الامونيوم $CH_3COONH_4$.

٢ – سيانيد الامونيوم $NH_4CN$.

٣– نتريت البيريدنيوم $C_5H_5NHNO_2$.

* يكون الملح متعادل و PH له = 7 إذا كان قيمة $K_b$ للقاعدة الضعيفة تساوي $K_a$ للحامض الضعيف المشتق منه الملح.

* يكون الملح قاعدي إذا كان $K_b$ للقاعدة الضعيفة المشتق منها الملح أكبر من $K_a$ للحامض الضعيف. المشتق منه الملح

* يكون الملح حامضي إذا كان $K_a > K_b$ المشتق منها الملح.

**علل /** يكون تأثير ملح خلات الامونيوم متعادل على الدلائل الكيميائية.

**ج /** لأن $CH_3COONH_4$ ملح مشتق من ق ضعيفة وحامض ضعيف يتفكك في الماء كما يلي :

$$CH_3COONH_4 \longrightarrow CH_3COO^- + NH_4^+$$

ق قرينة قوية — حامض قرين قوي

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + OH^-$$

ق قرينة قوية

$$NH_4^+ \rightleftharpoons NH_3 + H^+$$

بما أن ثوابت تفكك الامونيا وحامض الخليك متساوية فإن $[H^+] = [OH^-]$ في المحلول لذلك يكون المحلول متعادل و PH = 7

**(ملاحظة) :** ١) الحوامض والقواعد القرينة القوية تتحلل مائياً (تتفاعل مع الماء).

٢) أما الحوامض والقواعد القرينة الضعيفة فإنها لا تتفاعل مع الماء (لا تتحلل مائياً) ولا تغير من $[H^+]$ أو $[OH^-]$ الناتج من تفكك الماء.

**ملاحظة عند أضافة ملح حاضي الى الماء ستكون $\Delta PH$ سالبة**

س : (واجب) ماعدد مولات الملح اللازم أضافته الى $\frac{1}{4}$ لتر من الماء المقطر لكِ تنخفض PH بمقدار ثلاث وحدات علماً ان $Kh = 10^{-9}$

## الأيـون المشتـرك :

هو أحد الايونات الناتجة من تفكك الكتروليت قوي يشبه أحد الايونات الناتجة من تفكك الكتروليت ضعيف.

الكتروليت ضعيف $HX \rightleftharpoons H^+ + X^-$ أيون

الكتروليت قوي $NaX \rightarrow Na^+ + X^-$ مشترك

### أهمية الايون المشترك :

١- عند إضافته إلى محلول الحامض الضعيف يقلل من الحامضية ويزيد من PH المحلول ويقلل من درجة تأين الحامض.

٢- عند إضافته إلى محلول القاعدة الضعيفة يقلل من القاعدية ويقلل من PH المحلول ويقلل من درجة تأين القاعدة الضعيفة.

٣- يدخل في عمل المحاليل المنظمة (البفر) للسيطرة على PH المحلول.

٤- عند إضافته إلى الملح الشحيح الذوبان يقلل من قابلية الذوبان له ويزيد من ترسيبه.

## ((أنـواع محاليل الايـون المشترك))

### أ) محلول ايون مشترك لحامض ضعيف وملحه :

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

ايون مشترك

$$(1)\quad PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$(2)\quad [H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

### ب) محلول ايون مشترك لقاعدة ضعيفة وملحها :

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

$$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

أيون مشترك

$$(1)\quad POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$(2)\quad [OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

**علل /** عند إضافة KCN إلى محلول حامض HCN نلاحظ نقصان الحامضية وزيادة PH وانخفاض درجة تأين الحامض.

**ج /** بسبب تكون الايون المشترك الذي يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل العكسي وحسب قاعدة لو شاتلية فيقل $[H^+]$ فتقل الحامضية وتزداد PH وتقل درجة التأين للحامض.

$$HCN \rightleftharpoons H^+ + \boxed{CN^-}$$
$$KCN \rightarrow K^+ + \boxed{CN^-}$$

ايون مشترك

**علل /** عند إضافة $NH_4Cl$ إلى محلول $NH_3$ نلاحظ نقصان القاعدية ونقصان PH المحلول وتزداد POH وتقل درجة التأين.

**ج /** بسبب تكون الايون المشترك الذي يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل العكسي وحسب قاعدة لو شاتلية فيقل $[OH^-]$ فلذلك تقل القاعدية وتقل PH وتزداد POH المحلول، وتقل درجة تأين القاعدة الضعيفة.

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons \boxed{NH_4^+} + OH^-$$
$$NH_4Cl \longrightarrow \boxed{NH_4^+} + Cl^-$$

ايون مشترك

**مثال 3−14:** أحسب تركيز أيون الهيدروجين $H^+$ و PH لمحلول مكون من مزيج من 0.1M حامض الخليك و 0.2 M خلات الصوديوم $K_{a\,(CH3COOH)} = 1.8 \times 10^{-5}$.

الحل:

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

ايون مشترك

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]} \Rightarrow [H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[0.1]}{[0.2]} \Rightarrow [H^+] = 9 \times 10^{-6}$$

$$PH = -\log [H^+] \Rightarrow PH = -\log 9 \times 10^{-6} \Rightarrow PH = 5.04$$

ويمكن حل السؤال بطبيق العلاقة الاتية $PH = PK_a + \log \frac{[salt]}{[acid]}$

**مثال 3-: 13** ما التأثير الذي تحدثه أضافة 8.2 g (0.1 mole) من ملح خلات الصوديوم $CH_3COONa$ الى لتر واحد من محلول حامض الخليك $CH_3COOH$ بتركيز 0.1 mole/L على تركيز $H^+$ عند 25 C° علماً $Ka(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$

الحل: نجد تركيز $H^+$ للحامض الضعيف وقبل أضافة الملح اليه

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

| | | |
|---|---|---|
| 0.1 | 0 | 0 |
| 0.1 - x | x | x |

$$Ka = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} \Rightarrow K_a = \frac{[x]^2}{[0.1 - X]} \Rightarrow 1.8\times10^{-5} = \frac{[x]^2}{10^{-1}}$$

$[x]^2 = 1.8 \times 10^{-6} \Rightarrow [x] = 1.3 \times 10^{-3} = [H^+]$ للحامض الضعيف قبل الاضافة

نجد تركيز الهيدروجين في المحلول بعد أضافة ملح خلات الصوديوم

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

ايون مشترك

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]} \Rightarrow [H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[0.1]}{[0.1]} \Rightarrow [H^+] = 1.8 \times 10^{-5}$$

تركيز الهيدروجين بوجود الأيون المشترك

وعند مقارنة تركيز أيون $[H^+]$ في محلول الحامض قبل اضافة الملح وبعد أضافة (بوجود تاثير الأيون المشترك ) يتبين ان التراكيز قد انخفض من $1.3 \times 10^{-3}$ mole /L الى $1.8 \times 10^{-5}$ mole /L وهذا بسبب نقصان تفكك حامض الخليك نتيجة لأضافة ملح خلات الصوديوم لوجود أيون مشترك (أيون الخلات)

مثال 3- 15 ماذا يجب ان يكون تركيز كلوريد الامونيوم في محلول يحتوي على الامونيا (4.74)PKb بتركيز 0.1M لتكون قيمة PH المحلول تساوي 9 علماً ان $\log^{-1} 0.26 = 1.82$

الحل:

$PH + POH = 14$

$POH = 14 - PH \Rightarrow POH = 14 - 9 = 5$

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow 5 = 4.74 + \log\frac{[salt]}{0.1}$$

$$5 - 4.74 = \log\frac{[salt]}{0.1} \Rightarrow 0.26 = \log\frac{[salt]}{0.1}$$

بقسمة الطرفين على log

$$\log^{-1} 0.26 = \frac{[salt]}{0.1} \Rightarrow 1.82 = \frac{[salt]}{0.1}$$

$[salt] = 1.82 \times 0.1 = 0.182\ mol / l$

ويمكن استخدام القانون $[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$ لحل السؤال

ت 3 - 12 / ما هو التأثير الناتج من إضافة 26.75g (0.5 mole) من ملح كلوريد الامونيوم الى لتر واحد من محلول الامونيا بتركيز 0.1M على درجة تفكك الامونيا (القاعدة) ؟ اذاعلمت ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $K_b = 1.8 \times 10^{-5}$.

وزاري ٢٠١٣

نستخرج درجة تفكك الأمونيا عندما تكون لوحدها :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $NH_3 + H_2O$ | $\rightleftharpoons$ | $NH_4^+$ | + $OH^-$ |
| 0.1 | | 0 | 0 |
| $0.1 - x$ | | x | x |

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \Rightarrow 1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.1 - x}$$ ← تهمل

$x^2 = 1.8 \times 10^{-6} \Rightarrow x = 1.3 \times 10^{-3}$ ويمثل $[OH^-]$ (أو التركيز المتأين)

درجة التأين (التفكك) = $\frac{[\text{المتأين}]}{[base]}$ ← أو $[OH^-]$

درجة التأين (التفكك) = $\frac{1.3 \times 10^{-3}}{10^{-1}}$

درجة التأين (التفكك) = $1.3 \times 10^{-2} = 13 \times 10^{-3}$

**نستخرج درجة التفكك بوجود الأيون المشترك:**

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons \boxed{NH_4^+} + OH^-$$
$$NH_4Cl \longrightarrow \boxed{NH_4^+} + Cl^-$$

$$[OH^-] = K_b \times \frac{0.1}{0.5} \Rightarrow [OH^-] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{0.1}{0.5}$$
$$[OH^-] = 3.6 \times 10^{-6}$$

درجة التفكك = $\frac{[OH^-]}{[base]}$

= $\frac{3.6 \times 10^{-6}}{0.1}$

درجة التفكك (بوجود الأيون المشترك) = $36 \times 10^{-6}$

**نلاحظ أن درجة التفكك قد انخفضت**

عدد مرات الانخفاض = $\frac{\text{درجة التفكك الأولى (للأمونيا وحدها)}}{\text{درجة التفكك الثانية (بوجود الأيون المشترك)}}$

عدد مرات الانخفاض = $\frac{13 \times 10^{-3}}{36 \times 10^{-6}}$

= (361) مرة

* أي إن درجة تفكك القاعدة لوحدها أكبر بمقدار 361 مرة

**ت3 - 13 /** أحسب قيمة الاس الهيدروجيني PH لمحلول يحتوي على $NH_3$ بتركيز 0.15M و$NH_4Cl$ بتركيز 0.3 M وقارن النتيجة مع قيمة محلول الامونيا ذي تركيز 0.15 M علماً أن $PK_b = 4.74$.

وزاري ٢٠١٤

**للأيون المشترك :**

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$

$POH = PK_b + \log \frac{[salt]}{[base]}$

$= 4.74 + \log \frac{0.30}{0.15}$

$= 4.74 + \log 2$

$= 4.74 + 0.3$

$POH = 5.04$

$PH = 14 - 5.04$

**PH = 8.96 بوجود الأيون المشترك**

**للأمونيا فقط :**

| $NH_3$ | + | $H_2O$ | $\rightleftharpoons$ | $NH_4^+$ | + | $OH^-$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.15 | | -- | | 0 | | 0 |
| 0.15 – x | | | | x | | x |

$K_b = 10^{-PKb} \Rightarrow K_b = 10^{-4.74} \Rightarrow K_b = 10^{-5} \times 1.8$

$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \Rightarrow 1.8 \times 10^{-5} =$

$1.8 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.15-x}$ ← تهمل

$x^2 = 0.27 \times 10^{-5}$

$x = 1.6 \times 10^{-3} \Rightarrow x = 16 \times 10^{-4}$

$POH = -\log 16 \times 10^{-4} \Rightarrow POH = 4 - 1.2$

$POH = 2.8 \Rightarrow PH = 14 - 2.8$

**PH = 11.2 لمحلول الأمونيا لوحدها**

**ت 3 - 14 /** ما تركيز $CH_3COOH$ في محلول يحوي إضافة إلى الحامض ملح خلات الصوديوم بتركيز 0.3 M إذا علمت أن قيمة PH المحلول كانت تساوي 4.31 ؟

$Log^{-1}\ -0.43 = 0.37$

علماً أن $K_a = 1.8\times10^{-5}$.

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} \Rightarrow 4.31 = -\log 1.8\times10^{-5} + \log\frac{0.3}{[acid]}$$

$$4.31 = +5 - \log 1.8 + \log\frac{0.3}{[acid]} \Rightarrow 4.31 = 5 - 0.26 + \log\frac{0.3}{[acid]}$$

$$4.310 - 4.74 = \log\frac{0.3}{[acid]}$$

$$-0.43 = \log\frac{0.3}{[acid]}$$

بقسمة الطرفين على log

$Log^{-1}\ -0.43 = 0.37$

$$0.37 = \frac{0.3}{[acid]} \Rightarrow [acid] = \frac{0.30}{0.37} = 0.81\ M$$

**3 - 12 (أسئلة الفصل)** أحسب كتلة ملح خلات الصوديوم $(M = 82g/mole)$ اللازم إضافتها إلى لتر واحد من محلول 0.125 M حامض الخليك للحصول على محلول بفر تكون قيمة PH له تساوي 4.74 (ملاحظة : افتراض أن إضافة الملح لا تؤدي إلى تغير الحجم). علماً أن ثابت تفكك حامض الخليك $1.8\times10^{-5}$.

وزاري ٢٠١٤

**الحل:**

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

ملاحظة: أذا طلب في السؤال ايجاد كتلة او عدد مولات فيجب أيجاد التركيز المولاري

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$4.74 = -\log 1.8\times10^{-5} + \log\frac{[salt]}{0.125}$$

$$4.74 = 5 - 0.26 + \log\frac{[salt]}{0.125} \Rightarrow 4.74 = 4.74 + \log\frac{[salt]}{0.125}$$

$$0 = \log\frac{[salt]}{0.125} \Rightarrow \log(1) = \log\frac{[salt]}{0.125} \Rightarrow [salt] = 0.125\ M$$

$\log^{-1} 0 = 1$

$$m = M\times M\times V \Rightarrow m = 0.125\times 82\times 1 \Rightarrow \boxed{m = 10.25g}$$

**3 – 18 (أسئلة الفصل)** أحسب كتلة كلوريد الامونيوم (M = 53.5 g/mole) الواجب إضافتها إلى 500mL من محلول 0.15 M أمونيا لجعل قيمة PH المحلول تساوي 9.0 علماً أن ثابت تفكك الامونيا $1.8 \times 10^{-5}$. ( $Log^{-1}\ 0.26 = 1.8$ )

وزاري ٢٠١٤

**الحل:**

ملاحظة: أذا طلب في السؤال ايجاد كتلة او عدد مولات فيجب أيجاد التركيز المولاري

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$

ايون مشترك

$PH = 9 \Rightarrow POH = 14 - 9 = 5$

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$5 = -\log 1.8 \times 10^{-5} + \log\frac{[NH_4Cl]}{0.15}$$

$$5 = -0.26 + 5 + \log\frac{[NH_4Cl]}{0.15}$$

$$5 = 4.74 + \log\frac{[NH_4Cl]}{0.15}$$

$$0.26 = \log\frac{[NH_4Cl]}{0.15}$$

بقسمة الطرفين على log
$Log^{-1}\ 0.26 = 1.8$

$$1.8 = \frac{[NH_4Cl]}{[0.15]} \Rightarrow [NH_4Cl] = 0.15 \times 1.8$$

$[NH_4Cl] = 0.27\ M$

$m = M \times M \times V \quad = 0.27 \times 53.5 \times 0.5$

**m = 7.22g**

س(واجب): اذا علمت ان النسبة المئوية لتفكك 0.1 M من حامض الهايدروسيانيك HCN تساوي 0.01 % فما قيمة PH المحلول عند أضافة 0.2 M من سيانيد البوتاسيوم KCN اليه ؟ علماً ان $\log 2 = 0.3$

**س خارجي/** محلول حجمه لتر من الفينول $C_6H_5OH$ ولتر واحد من فينوكسيد الصوديوم تركيزهما متساوي و PH الحامض = 6 و PH الملح = 11.

احسب : (١) $K_a$ للفينول. (٢) PH المحلول بعد مزج المحلولين.

**الحل /**

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

| | | |
|---|---|---|
| y | 0 | 0 |
| y - x | x | x |

$6 = pH \quad \therefore \quad [H^+] = 10^{-6}$

$$K_a = \frac{x^2}{y - x} \Rightarrow K_a = \frac{(10^{-6})^2}{y} \ldots\ldots (1)$$

يهمل (x)

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_a}{[salt]}}$$

$$10^{-11} = \sqrt{\frac{10^{-14} \times \frac{10^{-12}}{y}}{[y]}}$$ بتربيع الطرفين

$$10^{-22} = \frac{10^{-26}}{y^2} \Rightarrow y^2 = 10^{-4} \Rightarrow y = 10^{-2}M$$ تركيز الملح والحامض

$$K_a = \frac{10^{-12}}{10^{-2}} = 10^{-10}$$

**بعد المزج (ايون مشترك)**

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

$$C_6H_5ONa \rightarrow C_6H_5O^- + Na^+$$

ايون مشترك ($C_6H_5O^-$)

[الملح] = $\frac{10^{-2}}{2} = 5 \times 10^{-3}$ وكذلك [الحامض] لان حجم المحلول يصبح (2L) (تخفيف)

تركيز الحامض والملح بعد الاضافة

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$10^{-2} \times 1 = M_2 \times 2$

$M_2 = \frac{10^{-2} \times 1}{2} = 5 \times 10^{-3}$

$$PH = PK_a + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$PH = -\log 10^{-10} + \log \frac{5\times10^{-3}}{5\times10^{-3}}$$

**PH = 10**

**س (خارجي) /** أحسب عدد مولات كلوريد الامونيوم $NH_4Cl$ اللازم إضافتها إلى لتر من محلول الامونيا بتركيز (0.05 M) لتتغير قيمة PH بمقدار (0.7) علماً أن ($K_b = 2\times10^{-5}$) و$\log2 = 0.3$ و$\log 5 = 0.7$.

**الحل /**

قبل الأضافة

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

0.05    0    0

0.05 - x    x    x

$$K_b = \frac{x^2}{0.05 - x} \Rightarrow 2\times10^{-5} = \frac{x^2}{5\times10^{-2}}$$

تهمل

$x^2 = 10^{-6} \Rightarrow x = 10^{-3}M$ ويمثل $[OH^-]$

$POH = -\log 10^{-3} \Rightarrow POH = 3 \Rightarrow PH = 14-3 = 11$

**بعد الإضافة :**

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons \boxed{NH_4^+} + OH^-$$

$$NH_4Cl \longrightarrow \boxed{NH_4^+} + Cl^-$$

(− 0.7) لان المضاف ملح حامضي

$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow -0.7 = PH_2 - 11 \Rightarrow PH_2 = 10.3$

$POH = 14 - 10.3 \Rightarrow POH = 3.7$

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$3.7 = -\log 2\times10^{-5} + \log\frac{y}{0.05}$$

$$3.7 = (+5 - 0.3) + \log\frac{y}{0.05}$$

$$3.7 = 4.7 + \log\frac{y}{0.05}$$

$$-1 = \log\frac{y}{0.05}$$

بقسمة الطرفين على log

$\text{Log}^{-1}\ -1 = 0.1$

$$0.1 = \frac{y}{0.05}$$

$y = 5\times10^{-3}M$

$n = M\times V_{(L)}$

$n = 5\times10^{-3}\times1$

$n = 5\times10^{-3}$mole/L

**س (خارجي) / محلول لحامض ضعيف وملحه POH له = 9 بتراكيز متساوية حجمه لتر.**

**١- أوجد النسبة المئوية للحامض الضعيف عندما يكون تركيزه في محلوله لوحده يساوي $10^{-1}$M**

**٢- ما عدد مولات الملح في محلوله عندما تكون PH محلول هذا الملح يساوي 8 وحجمه لتر واحد.**

**٣- ما عدد مولات نفس الملح الواجب إضافته إلى الحامض الضعيف وملحه مفترضاً أن تركيز كل من الملح والحامض كان يساوي (0.5 M) لكي تصبح دالة الحامضية للأيون المشترك 5.3.**

**علماً أن log 2 = 0.3.**

**(1)**

$$HX \rightleftharpoons H^+ + X^-$$ ايون

$$MX \rightarrow M^+ + X^-$$ مشترك

$$PH = PK_a + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$PH = 14 - 9 = 5$$

$$5 = PK_a + \log \frac{y}{y}$$

$$PK_a = 5$$

$$K_a = 10^{-PKa} = 10^{-5}$$

| HX | ⇌ | $H^+$ | + | $X^-$ |
|---|---|---|---|---|
| 0.1 | | 0 | | 0 |
| 0.1 - x | | x | | x |

$$10^{-5} = \frac{X^2}{10^{-1}} \quad \Rightarrow \quad X^2 = 10^{-6}$$

$$\therefore X = 10^{-3}$$

$$\% = \frac{[H^+]}{[acid]} \times 100\%$$

$$\% \; acid = \frac{10^{-3}}{10^{-1}} \times 100\%$$

$$= 1\%$$

(2) $PH = \frac{1}{2}(PK_w + PK_a + \log [C])$

$8 = \frac{1}{2}(-\log 10^{-14} + 5 - \log [C])$

$16 = 14 + 5 + \log [C]$

$\text{Log} [C] = -3 \quad \Rightarrow \quad [C] = 10^{-3} M$

3) $PH = PK_a + \log \frac{0.5+y}{0.5}$

$5.3 = 5 + \log \frac{0.5+y}{0.5}$

$0.3 = \log \frac{0.5+y}{0.5}$

يعوض بدل 0.3 (log 2)
لحذف log من الطرفين

$\text{Log}\ 2 = \log \frac{0.5+y}{0.5}$

$2 \times 0.5 = 0.5 + y$

$1 = 0.5 + y$

$y = 0.5\ M$ تركيز الملح المضاف

$n = 0.5 \times 1 \quad \Rightarrow \quad n = 0.5\ mole$



**س (خارجي) /** ما عدد مولات البريدين $C_5H_5N$ الواجب إضافتها إلى لتر محلول نترات البيريدنيوم $C_5H_5NHNO_3$ بتركيز (0.1M) لكي تتغير دالة الحامضية بمقدار وحدة واحدة علماً أن $K_b = 10^{-9}$.

**الحل /**

قبل الإضافة : ((ملح نترات البيريدنيوم)) وهو ملح حامضي

$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - \log [Salt]]$

$PH = \frac{1}{2}(-\log 10^{-14} + \log 10^{-9} - \log 10^{-1})$

$= \frac{1}{2}(14 - 9 + 1)$

$PH = 3$ للملح

بعد الإضافة :

$C_5H_5N + H_2O \rightleftharpoons C_5H_5NH^+ + OH^-$

$C_5H_5NHNO_3 \rightarrow C_5H_5NH^+ + NO_3^-$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow 1 = PH_2 - 3 \Rightarrow PH_2 = 4$

$\therefore POH = 14 - 4 = 10$

$POH = PK_b + \log \frac{[salt]}{[base]}$

$10 = 9 + \log \frac{0.1}{[base]}$

$1 = \log \frac{0.1}{[base]}$

يعوض بدل 1 (log 10)
لحذف log من الطرفين

$10^1 = \frac{0.1}{[base]} \Rightarrow [base] = \frac{0.1}{10}$

$\therefore [C_5H_5N] = 0.01$ M

$n = M \times V_{(L)} \Rightarrow n = 0.01 \times 1 \Rightarrow n = 0.01$ mole

**س (خارجي) /** محلول للامونيا بتركيز (0.1 M) ما درجة التأين لها ثم أحسب درجة التأين للامونيا عند إضافة (0.5 mol) من $NH_4Cl$ إلى لتر من المحلول السابق علماً أن $K_b = 10^{-5}$، $\log 2 = 0.3$، $\log 5 = 0.7$.

**الحـل /**

قبل الإضافة :

| | $NH_3$ | + $H_2O$ | $\rightleftharpoons NH_4^+$ + | $OH^-$ |
|---|---|---|---|---|
| قبل التأين | 0. | | 0 | 0 |
| عند التوازن | 0.1 - x | | x | x |

$K_b = \frac{x^2}{0.1 - x} \Rightarrow 10^{-5} = \frac{[OH^-]^2}{0.1} \Rightarrow [OH^-]^2 = 10^{-6}$

$\therefore [OH^-] = 10^{-3}$ M

درجة التأين $= \frac{[OH^-]}{[\text{القاعدة}]} = \frac{10^{-3}}{10^{-1}} = 10^{-2}$

بعد الإضافة :

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

ايون مشترك

$POH = PK_b + Log \frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow POH = -\log 10^{-5} + \log \frac{0.5}{0.1}$

$POH = 5 + 0.7 \Rightarrow POH = 5.7$

$[OH^-] = 10^{-POH} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-5.7} \Rightarrow [OH^-] = 2 \times 10^{-6}$

درجة التأين = $\frac{[OH^-]}{[القاعدة]}$ ⇐ درجة التأين = $\frac{2\times 10^{-6}}{0.1} = 2 \times 10^{-5}$

* نلاحظ أن درجة التأين قد قلت بسبب تكون الايون المشترك الذي أدى إلى زيادة سرعة التفاعل العكسي فيقل $[OH^-]$ وبذلك تقل درجة التأين.

## ((حالات خاصة في تكون الايون المشترك))

**الحالة الاولى:** عند تفاعل حامض قوي بتركيز قليل مع قاعدة ضعيفة بتركيز كبير سيتكون ايون مشترك لقاعدة ضعيفة وملحها وقانونه :

$$POH = PK_b + \log \frac{[salt]}{[base]}$$

**3 – 6 (أسئلة الفصل)** ما قيمة PH للمحلول المحضر من إضافة 10ml من HCl تراكيزه 0.1 M إلى 15ml من $NH_3$ تركيزه 0.1M علماً أن ثابت تفكك الامونيا $1.8 \times 10^{-5}$.

ج/

نستخرج $[HCl] = 0.04$ ونستخرج $[NH_3] = 0.06$

نستخرج [HCl] بعد المزج

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$0.1 \times 10 = M_2 \times 25 \Rightarrow M_2 = \frac{10\times0.1}{25} 0.04\ M$

نستخرج $[NH_3]$ بعد المزج

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$0.1 \times 15 = M_2 \times 25 \Rightarrow M_2 = \frac{15\times0.1}{25} 0.06\ M$

| $NH_3$ | + $HCl$ | ⟶ | $NH_4Cl$ |
|---|---|---|---|
| 0.06 | 0.04 | | 0 |
| -0.04 | -0.04 | | +0.04 |
| 0.02 | 0 | | 0.04 |

ايون مشترك

$$POH = PK_b + \log \frac{[salt]}{[NH_3]}$$

$$= \log 1.8 \times 10^{-5} + \log \frac{0.04}{0.02}$$

| |
|---|
| $\log \frac{0.04}{0.02}$ |
| log2 |
| 0.3 |

$$POH = 4.74 + 0.3$$

$$POH = 5.04$$

$$PH = 14 - 5.04$$

$$PH = 8.96$$

**واجب س /** جد قيمة ΔPH للمحلول الناتج من إضافة (0.1) مول من HCl إلى لتر من محلول الامونيا بتركيز (0.2 M) علماً أن (log 2 = 0.3)، علماً أن $K_b = 2 \times 10^{-5}$.

**الحالة الثانية:** عند تفاعل قاعدة قوية بتركيز قليل مع ملح لقاعدة ضعيفة (ملح حامضي) بتركيز كبير سيتكون ايون مشترك لقاعدة ضعيفة وملحها وقانونه :

القاعدة القوية تحرر القاعدة الضعيفة من ملحها

$$POH = PK_b + \log \frac{[salt]}{[base]}$$

**واجب س /** محلول لكلوريد الامونيوم قيمة PH له = ٥ وتركيزه (0.1 M) كم ستصبح PH للمحلول بعد إضافة (0.05mole) من NaOH إلى لتر من المحلول السابق.

**الحالة الثالثة:** عند تفاعل قاعدة قوية بتركيز قليل مع حامض ضعيف بتركيز كبير سيتكون ايون مشترك لحامض ضعيف وملحه وقانونه :

$$PH = PK_a + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

**3 - 22** (أسئلة الفصل) كم ستكون قيمة PH المحلول الناتج من مزج 20mL من 0.2M هيدروكسيد الصوديوم NaOH مع 50mL من 0.1M حامض الخليك $CH_3COOH$؟ علماً بأن $K_a (CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$.

**الحل:** نستخرج [NaOH] بعد المزج

$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$20 \times 0.2 = 70 \times M_2 \Rightarrow M_2 = \frac{20\times0.2}{70}$ 0.057 M

نستخرج [$CH_3COOH$] بعد المزج

$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$50 \times 0.1 = 70 \times M_2 \Rightarrow M_2 = \frac{50\times0.1}{70}$ 0.071M

$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$

| $CH_3COOH$ | $NaOH$ | $CH_3COONa$ | $H_2O$ |
|---|---|---|---|
| 0.071 | 0.057 | 0 | 0 |
| -0.057 | -0.057 | + 0.057 | + 0.057 |
| 0.014 | 0 | 0.057 | يهمل لأنه ماء |
| ح ضعيف | | ملح | |

محلول ايون مشترك لحامض ضعيف وملحه

رحلة التفوق عطاءٌ بلا حدود A. M. Z

**طريقة ١ :**

$PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]} \Rightarrow PH = -\log 1.8\times10^{-5} + \log\frac{0.057}{0.014}$

$PH = (5 - 0.26) + \log 4 \Rightarrow PH = 4.74 + 0.6 \Rightarrow PH = 5.34$

**طريقة ثانية :**

$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$

0.014    X    X

$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$

0.057    0.057    0.057

$K_a = \frac{[CH_3COO-][H^+]}{[CH_3COOH]}$

$1.8\times10^{-5} = \frac{0.057\,[H^+]}{0.014} \Rightarrow [H^+] = \frac{1.8\times10^{-5}\times0.014}{0.057} = \frac{1.8\times10^{-5}}{4}$

$PH = -\log[H^+] \Rightarrow PH = -\log\frac{1.8\times10^{-5}}{4}$

$PH = -(\log 1.8\times10^{-5} - \log 4) \Rightarrow PH = -[-5 + 0.26) - (0.6)]$

$PH = -(-4.74 - 0.6) \Rightarrow PH = +5.34$

**واجب س /** محلول لحامض الخليك حجمه لتر بتركيز (0.1M) درجة تأينه (0.01) جد مقدار التغير في دالته الحامضية عند إضافة (0.05 mole) من NaOH إلى المحلول السابق.

**الحالة الرابعة:** عند تفاعل حامض قوي بتركيز قليل إلى ملح لحامض ضعيف (ملح قاعدي) بتركيز كبير سيتكون ايون مشترك لحامض ضعيف وملحه وقانونه :

$$PH = PK_a + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

الحامض القوي يحرر الحامض الضعيف من ملحه

**واجب س /** محلول لخلات الصوديوم دالته القاعدية (5) و$K_h$ له $10^{-9}$ حجمه لتر جد مقدار التغير في الاس الهيدروجيني عند إضافة (0.05 mole) من HBr إلى المحلول السابق.

## ((ملاحظات مهمة))

أ ) يمكن أن يتكون حامض ضعيف فقط عند تفاعل حامض قوي مع ملح لحامض ضعيف (ملح قاعدي) بنفس التركيز وقانونه هو :

$$K_a = \frac{[H^+]^2}{[acid]}$$

**واجب س /** جد قيمة PH للمحلول الناتج من إضافة (0.01 mole) من HCl إلى لتر من محلول فينوكسيد الصوديوم تركيزه (0.01M) ودالته الحامضية تساوي (11).

ب) يمكن أن يتكون محلول لقاعدة ضعيفة فقط عند تفاعل قاعدة قوية مع ملح لقاعدة ضعيفة (ملح حامضي) بنفس التركيز وقانونه :

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{[base]}$$

**واجب س /** ما قيمة PH للمحلول الناتج من إضافة (0.1 mol) من KOH إلى لتر من محلول $NH_4Cl$ بتركيز (0.1M) ودالته القاعدية = 9.

## «طريقة حل أسئلة إضافة حامض قوي إلى قاعدة قوية وبالعكس»

١- نكتب معادلة التأين التام لكل منهما.

٢- نقارن $[H^+]$ مع $[OH^-]$ لها.

٣- إذا كان $[H^+]$ للحامض = $[OH^-]$ للقاعدة القوية فإن PH = 7.

٤- إذا كان $[H^+]$ للحامض القوي > $[OH^-]$ للقاعدة القوية فإن المحلول حامضي.

وإن $[H^+]$ للمحلول = $[H^+]$ للحامض القوي - $[OH^-]$ للقاعدة القوية.

٥- إذا كان $[OH^-]$ للقاعدة القوية > $[H^+]$ للحامض القوي فإن المحلول قاعدي.

وإن $[OH^-]$ للمحلول = $[OH^-]$ للقاعدة القوية - $[H^+]$ للحامض القوي.

**(3 – 6 أسئلة الفصل)** ما قيمة PH لكل من المحاليل المحضرة من إضافة 10ml من HCl تراكيزه 0.1 M إلى :

١) 10ml من NaOH تركيزه 0.1M.

٢) 15ml من NaOH تركيزه 0.1 M.

نستخرج [HCl] بعد الإضافة

**(1)** $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \Rightarrow 0.1 \times 10 = M_2 \times 20$

$M_2 = \frac{0.1 \times 10}{20} = 0.05\ M$ [HCl]

وبنفس الطريقة نجد تركيز [NaOH] فينتج 0.05 M

$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$
0.05 0.05 0.05

$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$
0.05 0.05 0.05

$[OH^-] = [H^+]$

$\therefore PH = 7$

نستخرج [HCl] بعد الإضافة

(2) $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \Rightarrow 0.1 \times 10 = M_2 \times 25$

$M_2 = \frac{0.1 \times 10}{25} = 0.04\ M$

نستخرج [NaOH] بعد الإضافة

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \Rightarrow 0.1 \times 15 = M_2 \times 25$

$M_2 = \frac{0.1 \times 15}{25} \Rightarrow M_2 = \frac{15}{250} = \frac{3}{50} = 0.06$

$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$
0.04 0.04 0.04

$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$
0.06 0.06 0.06

$[OH^-] > [H^+]$

$[OH^-] = 0.06 - 0.04 = 0.02\ M$

$POH = -\log 2 \times 10^{-2} = 2 - 0.3 = 1.7$

$\therefore PH = 14 - 1.7 = 12.3$

**3 – 24 (أسئلة الفصل)** أحسب قيمة الـ PH لمحلول ناتج من مزج 26mL من 0.2 M هيدروكسيد الصوديوم مع 50mL من 0.1M حامض الهيدروكلوريك.

**الحل**

نستخرج [NaOH] بعد المزج

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$0.2 \times 26 = M_2 \times 76 \Rightarrow M_2 = \frac{0.2 \times 26}{76} = \frac{5.2}{76} = 0.0684\ M$

نستخرج [HCl] بعد المزج

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$0.1 \times 50 = M_2 \times 76 \Rightarrow M_2 = \frac{0.1 \times 50}{76} = \frac{5}{76} = 0.0657\ M$

$$NaOH \longrightarrow Na^{+} + OH^{-}$$
$$0.0684 \qquad 0.0684 \qquad 0.0684$$

$$HCl \longrightarrow Cl^{-} + H^{+}$$
$$0.0657 \qquad 0.0657 \qquad 0.0657$$

**بما أن $[H^{+}] < [OH^{-}]$ ∴ المحلول قاعدي**

$$[OH^{-}]_{\text{للمحلول}} = [OH^{-}]_{\text{للقاعدة القوية}} - [H^{+}]_{\text{للحامض القوي}}$$

$$[OH^{-}] = 0.0684 - 0.0657$$

**للمحلول** $= 0.0027$ M

$$POH = -\log [OH^{-}] \Rightarrow POH = -\log 27 \times 10^{-4}$$

$$POH = 4 - \log 27 \Rightarrow POH = 4 - 1.43$$

$$POH = 2.57 \Rightarrow PH = 14 - 2.57$$

$$PH = 11.43$$

## المحلول المنظم (محلول البفر) Buffor solution :

وزاري ٢٠١٤

هو المحلول الذي له القابلية على مقاومة التغير الكبير في قيمة PH المحلول عند إضافة تراكيز قليلة من حامض قوي أو قاعدة قوية إليه. مثل ١- دم الإنسان. ٢- ماء البحر.

٣- محلول متكون من حامض الخليك وخلات الصوديوم.

### ((أنـواع المحاليـل المنظمة))

**أ- محلول منظم لحامض ضعيف وملحه :**

**قبل الإضافة :**

$$PH = PK_a + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

**بعد الإضافة :**

A- عند إضافة حامض قوي اليه بتركيز قليل.

$$PH = PK_a + \log \frac{[salt] - [H^+]_{\text{للحامض القوي}}}{[acid] + [H^+]_{\text{للحامض القوي}}}$$

الضعيف

B- عند إضافة قاعدة قوية بتركيز قليل.

$$PH = PK_a + \log \frac{[salt] + [OH^-]_{\text{للقاعدة القوية}}}{[acid] - [OH^-]_{\text{للقاعدة القوية}}}$$

الضعيف

**ب- محلول منظم لقاعدة ضعيفة وملحها.**

**قبل الإضافة :**

$$POH = PK_b + \log \frac{[salt]}{[base]}$$

**بعد الإضافة :**

A- عند إضافة قاعدة قوية بتركيز قليل.

$$POH = PK_b + \log \frac{[salt] - [OH^-]_{\text{للقاعدة القوية}}}{[base] + [OH^-]_{\text{للقاعدة القوية}}}$$

B- عند إضافة حامض قوي بتركيز قليل.

$$POH = PK_b + \log \frac{[salt] + [H^+]_{\text{للحامض القوي}}}{[base] - [H^+]_{\text{للحامض القوي}}}$$

# المحلول المنظم

## ايون مشترك لحامض ضعيف و ملحه (محلول منظم قبل الاضافة)

$$pH = pka + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

اضافة قاعدة قوية بتركيز قليل

$$pH = pka + \log \frac{[salt] + [oH^-]}{[acid] - [oH^-]}$$

اضافة حامض قوي بتركيز قليل

$$pH = pka + \log \frac{[salt] - [H^+]}{[acid] + [H^+]}$$

## ايون مشترك لقاعدة ضعيفة و ملحها (محلول منظم قبل الاضافة)

$$poH = pkb + \log \frac{[salt]}{[base]}$$

اضافة قاعدة قوية بتركيز قليل

$$poH = pkb + \log \frac{[salt] - [OH^-]}{[base] + [OH^-]}$$

اضافة حامض قوي بتركيز قليل

$$poH = pkb + \log \frac{[salt] + [H^+]}{[base] - [H^+]}$$

**مثال /** أحسب مقدار التغير في الاس الهيدروجيني بعد إضافة (1ml) من محلول حامض الهيدروكلوريك تركيزه (10 M) إلى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك وخلات الصوديوم بتركيز (0.02 M) لكل منهما علماً أن $PK_a = 4.74$ وأن $\log 3 = 0.5$.

**الحل /**

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

ايون مشترك

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$PH = 4.74 + \log\frac{0.02}{0.02} \quad \Rightarrow \quad PH = 4.74$$

**بعد الإضافة :**

نستخرج [HCl] الجديد

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$10 \times 1 = M_2 \times 1000$$

$$M = 0.01$$

$$PH = PK_a + \log\frac{[salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$

$$PH = 4.74 + \log\frac{0.02-0.01}{0.02+0.01}$$

$$PH = 4.74 + \log\frac{0.01}{0.03}$$

$$PH = 4.74 + \log 1 - \log 3$$

$$PH = 4.74 + 0 - 0.5$$

$$PH = 4.24$$

$$\Delta PH = PH_{\text{بعد}} - PH_{\text{قبل}} \quad \Rightarrow \quad \Delta PH = 4.24 - 4.74 = -0.5$$

**ت3 - 15 /** أحسب قيمة الاس الهيدروجيني (PH) (أ) للتر من محلول بفر مكون من الامونيا بتركيز (0.1 M) وكلوريد الامونيوم بتركيز (0.1 M) (ب) لنفس محلول بفر لكن بعد إضافة 1ml من محلول $H_2SO_4$ بتركيز (10 M) ثم أحسب مقدار التغير الحاصل في قيمة PH وناقش النتيجة علماً أن $PK_b = 4.74$.

**الحل:**

(أ)

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons \boxed{NH_4^+} + OH^-$$

$$NH_4Cl \longrightarrow \boxed{NH_4^+} + Cl^-$$

$$POH = PK_b + \log\frac{[NH_4Cl]}{[NH_3]}$$

$$= 4.74 + \log\frac{0.1}{0.1}$$

$$POH = 4.74$$

$$PH_1 = 14 - 4.74 = 9.26$$

(ب) نستخرج $[H_2SO_4]$ بعد الإضافة :

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \Rightarrow 1 \times 10 = M_2 \times 1000 \Rightarrow M_2 = 0.01\ M$$

| $H_2SO_4$ | $\longrightarrow$ | $2H^+$ | + | $SO_4^{2-}$ |
|---|---|---|---|---|
| 0.01 | | 0 | | 0 |
| 0 | | 0.02 | | 0.01 |

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]+[H^+]}{[base]-[H^+]}$$

$$POH = 4.74 + \log\frac{0.1+0.02}{0.1-0.02}$$

$$POH = 4.74 + \log\frac{0.12}{0.08} \Rightarrow POH = 4.74 + \log 3 - \log 2$$

$$POH = 4.74 + 0.48 - 0.3 \Rightarrow POH = 4.74 + 0.18 \Rightarrow POH = 4.92$$

$$PH = 14 - 4.92 \Rightarrow PH_2 = 9.08$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow \Delta PH = 9.08 - 9.26$$

$$\Delta PH = -0.18$$

**المناقشة :** نلاحظ أن مقدار التغير في PH قليل أقل من (1) وهذا يتفق مع صفة المحول المنظم الذي يقاوم التغير الكبير في PH عند إضافة تراكيز قليلة من حامض قوي أو قاعدة قوية إليه.

**3 - 13 (أسئلة الفصل)** أ) ما قيمة الاس الهيدروجيني لمزيج بفري مكون من حامض النتروز ($HNO_2$) بتركيز 0.12M و$K_a (HNO_2) = 4.5 \times 10^{-4}$ ونتريت الصوديوم $NaNO_2$ بتركيز 0.15؟

ب) أحسب قيمة PH المحلول الناتج بعد إضافة 1.0g من هيدروكسيد الصوديوم (M = 40g/mole) إلى لتر واحد من محلول البفر.

وزاري ٢٠١٤

**الحل:**

أ )

$$HNO_2 \rightleftharpoons H^+ + NO_2^-$$

$$NaNO_2 \longrightarrow Na^+ + NO_2^-$$

$$PH = PK_a + \log \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$PH = -\log 4.5 \times 10^{-4} + \log \frac{0.15}{0.12}$$

$$PH = 4 - 0.65 + \log 15 - \log 12 \Rightarrow PH = 3.35 + (1.176 - 1.079)$$

$$PH = 3.35 + 0.097 \Rightarrow PH = 3.447$$

ب)

$$[NaOH] = \frac{m}{M \times V_{(L)}}$$

$$[NaOH] = \frac{1}{40 \times 1} = 0.025\ M$$

$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

0.025 0.025 0.025

$$PH = PK_a + \log \frac{[salt] + [OH^-]}{[acid] - [OH^-]}$$

$$= 3.35 + \log \frac{0.15 + 0.025}{0.12 - 0.025}$$

$$= 3.35 + \log \frac{0.175}{0.095}$$

$$= 3.35 + \log 175 - \log 95$$

$$= 3.35 + (2.243 - 1.977)$$

$$= 3.35 + 0.266$$

$$= 3.616$$

**3 – 14**(أسئلة الفصل) إذا كانت هناك حاجة لتحضير محلول بفر ذو PH = 9.0 من مزج $NH_3$ مع $NH_4Cl$، كم يجب أن تكون النسبية بين $\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$ ؟ علماً أن $PK_b = 4.74$.

**الحل:** وزاري ٢٠١٤

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$

محلول ايون مشترك او بفر

$PH = 9 \Rightarrow POH = 14 - PH \Rightarrow POH = 14 - 9 = 5$

$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]} \Rightarrow 5 = -\log 1.8 \times 10^{-5} + \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$

$5 = 5 - \log 1.8 + \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow 5 = (5 - 0.26) + \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$

$0.26 = \log\frac{[NH_4^+]}{[NH_3]} \Rightarrow \log^{-1} 0.26 = \frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$

بقسمة الطرفين على log

$\therefore 1.82 = \frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$

**واجب س /** محلول يتكون من الفينول وفينوكسيد الصوديوم بتركيز 0.3M لكل منهما وقيمة PH له (10) حجمه لتر واحد. ١) ما قيمة PH لمحلول الفينول بتركيز 0.01 M.

٢) ما عدد مولات فينوكسيد الصوديوم الواجب إضافته إلى لتر من الماء المقطر لجعل PH = 11.

٣) جد $\Delta PH$ عند إضافة (0.1mol) من NaOH إلى لتر من المحلول المنظم السابق.

**ج /** ١) PH = 6 ، ٢) 0.01 ، ٣) 0.3.

**س خارجي /** محلول منظم يتكون من حامض ضعيف وملحه بتراكيز متساوية حجمه لتر واحد تم إضافة (0.1 mole) من KOH إليه فتغيرت PH المحلول بمقدار (0.5) جد تركيز الملح في المحلول. علماً أن log 3 = 0.5

**الحل /** قبل الإضافة :

$$HX \rightleftharpoons H^{+} + X^{-}$$ ح ضعيف

$$MX \rightarrow M^{+} + X^{-}$$ ملح

ايون مشترك ($X^{-}$)

$$PH_1 = PK_a + \log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$PH_1 = PK_a + \log\frac{[X]}{[X]}$$

$$\therefore\ PH_1 = PK_a$$

بعد الإضافة :

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow 0.5 = PH_2 - PH_1$$

$$PH_2 = PK_a + \log\frac{[salt] + [OH^-]}{[acid] - [OH^-]}$$

$$PH_2 = PH_1 + \log\frac{X + 0.1}{X - 0.1}$$

$$PH_2 - PH_1 = \log\frac{X + 0.1}{X - 0.1}$$

$$0.5 = \log\frac{X + 0.1}{X - 0.1}$$

$$\text{Log } 3 = \log\frac{X + 0.1}{X - 0.1}$$

$$3X - 0.3 = X + 0.1$$

$$2X = 0.4$$

$$X = \frac{0.4}{2}$$

$X = 0.2$ M ويمثل تركيز الملح

**س خارجي /** لتر من محلول $(NH_3)$ قيمة الاس الهيدروجيني له = 11 ودرجة تأينه $10^{-2}$ ولتر واحد من $(NH_4Cl)$ قيمة (POH له = 9) جد مقدار التغير في دالة الحامضية بعد إضافة (0.02 mole) من HCl إلى المزيج الناتج من مزج المحلولين السابقين. علماً أن log 2 = 0.3 و log 3 = 0.5.

**الحل /**

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$POH = 14 - PH \Rightarrow POH = 14 - 11 = 3$

$\therefore [OH^-] = 10^{-3}$

نستخرج $K_b$

$K_b =$ درجة التأين $\times [OH^-]$

$K_b = 10^{-2} \times 10^{-3} \Rightarrow K_b = 10^{-5}$

نستخرج $[NH_3]$

درجة التأين $= \frac{[OH^-]}{[Base]}$

$10^{-2} = \frac{10^{-3}}{[NH_3]} \Rightarrow [NH_3] = \frac{10^{-3}}{10^{-2}}$

$\therefore [NH_3] = 10^{-1}M$

نستخرج [الملح $NH_4Cl$]

$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - \log[Salt]]$

$5 = \frac{1}{2}(-\log 10^{-14} + \log 10^{59} - \log[Salt])$

$10 = 14 - 5 - \log[NH_4Cl]$

$10 - 9 = -\log[NH_4Cl]$

$1 = -\log[NH_4Cl]$

$-1 = \log[NH_4Cl]$

$[NH_4Cl] = 10^{-1}M$

**طريقة ثانية لحساب Kb**

نستخرج $[NH_3]$

درجة التأين $= \frac{[OH^-]}{[Base]}$

$10^{-2} = \frac{10^{-3}}{[NH_3]} \Rightarrow [NH_3] = \frac{10^{-3}}{10^{-2}}$

$\therefore [NH_3] = 10^{-1}M$

$Kb = \frac{[OH^{-2}]}{[Base]}$

$Kb = \frac{10^{-6}}{10^{-1}}$

$Kb = 10^{-5}$

$Log^{-1}\ -1 = 0,1$

* بعد مزج المحلولين سيتكون ايون مشترك لقاعدة ضعيفة وملحها.

[الملح] = $\frac{0.1}{2}$ = 0.05 مولاري (( تخفيف ))

[القاعدة] = $\frac{0.1}{2}$ = 0.05 مولاري

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt]}{[base]}$$

$$POH = -\log 10^{-5} + \log\frac{0.05}{0.05}$$

$$POH = 5 \quad \Rightarrow \quad PH = 14 - 5 = 9$$

**بعد إضافة HCl :**

$$[HCl] = \frac{0.02}{2} = 0.01$$

$$POH = PK_b + \log\frac{[salt] + [H^+]}{[base] - [H^+]}$$

$$POH = 5 + \log\frac{0.05 + 0.01}{0.05 - 0.01}$$

$$POH = 5 + \log\frac{0.06}{0.04}$$

$$POH = 5 + \log\frac{3}{2}$$

$$POH = 5 + \log 3 - \log 2$$

$$POH = 5 + 0.5 - 0.3$$

$$POH = 5.2$$

$$PH = 14 - 5.2 = 8.8$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$

$$= 8.8 - 9$$

$$\Delta PH = -0.2$$



**س خارجي /** لتر من محلول لقاعدة ضعيفة وملحها بتركيز (0.3M) لكل منها. ما عدد مولات HCl الواجب إضافته إلى لتر من المحلول السابق لتنخفض PH بمقدار (0.3).

علماً أن $PK_b = 5$ و $\log 2 = 0.3$.

**الحل / قبل الإضافة :**

$$POH = PK_b + \log \frac{[salt]}{[base]}$$

$$POH = 5 + \log \frac{0.3}{0.3} \Rightarrow POH = 5 \Rightarrow PH = 14 - 5 = 9$$

**بعد الإضافة :**

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1 \Rightarrow -0.3 = PH_2 - PH_1$$

$$PH_2 = 9 - 0.3 \Rightarrow PH_2 = 8.7 \Rightarrow POH = 14 - 8.7 = 5.3$$

$$POH = PK_b + \log \frac{[salt] + [H^+]}{[base] - [H^+]}$$

$$5.3 = 5 + \log \frac{0.3 + [X]}{0.3 - [X]}$$

$$0.3 = \log \frac{0.3 + [X]}{0.3 - [X]}$$

$$\text{Log } 2 = \log \frac{0.3 + [X]}{0.3 - [X]}$$

$$0.6 - 2X = 0.3 + X$$

$$0.3 = 3X$$

$$X = \frac{0.3}{3}$$

$X = 0.1$ M تركيز HCl

$n = M \times V_{(L)}$

$n = 0.1 \times 1 \Rightarrow n = 0.1$ mole من HCl

**س / علل /** عند إضافة كمية قليلة من حامض HCl إلى المحلول المتكون من حامض الخليك وخلات الصوديوم نلاحظ يحافظ المحلول على اسه الهيدروجيني.

**الجواب :**

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$

لأنه عند إضافة HCl إلى المحلول سينفك هذا الحامض بصورة تامة وبذلك يزداد $[H^+]$ في المحلول ولإزالة هذا التأثير وحسب قاعدة لوشاتليه فإن التفاعل المتوازن سينحرف نحو اليسار مقللاً من $[H^+]$ ومحافظاً على الاس الهيدروجيني للمحلول.

**<u>س / علل /</u>** عند إضافة كمية قليلة من NaOH إلى المحلول المتكون من حامض الخليك وخلات الصوديوم نلاحظ أن المحلول يحافظ على اسه الهيدروجيني.

**<u>الحل /</u>** لأنه عند إضافة NaOH إلى المحلول ستتفكك NaOH بصورة تامة وأن $OH^-$ الناتج من تفكك القاعدة سيتفاعل مع $H^+$ الناتج من تفكك الحامض ويتكون الماء وللتعويض عن النقص الحاصل في $H^+$ فإن الحامض الضعيف سيزيد من تفككه وبذلك يحافظ المحلول على

اسه الهيدروجيني

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

$$CH_3COONa \rightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

**<u>واجب س / علل /</u>** عند إضافة NaOH بكمية قليلة إلى محلول يتكون من $(NH_4Cl + NH_3)$ فإن المحلول سيحافظ على دالته الحامضية.

**<u>واجب س / علل /</u>** عند إضافة HCl بكمية قليلة إلى محلول يتكون من $(NH_4Cl + NH_3)$ فإن المحلول سيحافظ على اسه الهيدروجيني.

س(واجب): أحسب مقدار التغير في الأس الهيدروجيني PH بعد أضافة 0.01 M من محلول هيدروكسيد الصوديوم الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك $CH_3COOH$ وخلات الصوديوم $CH_3COONa$ بتركيز 0.1M لكل منهما علماً log 1.8= 0.26 و log 3= 0.477 و log 11 = 1.04 و $Ka(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$

# الذوبانية وثابت حاصل الذوبان

**Soubility and Solubility product**

## ثابت حاصل الذوبان Ksp :

يمثل حاصل ضرب التراكيز المولارية للأيونات الناتجة من تفكك مركب شحيح الذوبان عند حالة الاتزان في المحلول المائي المشبع له كل مرفوع إلى اس يساوي عدد مولات ذلك الايون في المعادلة الكيميائية الموزونة.

$PbSO_{4\,(s)} \rightleftharpoons pb_{(aq)}^{+2} + so_{4(aq)}^{-2}$

$K(sp) = [pb^{+2}]\,[so_4^{-2}]$

$CaF_{2(s)} \rightleftharpoons Ca_{(aq)}^{+2} + 2F_{(aq)}$

$Ksp = [Ca^{+2}]\,[F^{-}]^2$

## قابلية الذوبان (الذوبانية المولارية) :

يرمز لها بالحرف (s) وتمثل التركيز المولاري لمول واحد من الايونات الناتجة من تفكك المركب شحيح الذوبان في المحلول المشبع عند حالة الاتزان.

* تعرف قابلية الذوبان بصورة عامة ((تمثل عدد مولات أو غرامات المادة المذابة واللازمة لإشباع لتر واحد من المحلول لذلك وحدتها g/L أو mol/L.

* أما العلاقة التي تربط بين قابلية الذوبان بوحدة $\frac{mole}{L}$ مع $\frac{g}{L}$ هي :

قابلية الذوبان (s) بوحدة $\frac{\text{مول}}{\text{لتر}} = \frac{\text{قابلية الذوبان } \frac{g}{L}}{M\text{( الكتلة المولية )}}$

$S\ (mol / L) = \frac{S(g/L)}{M(g/mol)}$

* عند إضافة مولات معينة من مادة شحيحة الذوبان إلى لتر من الماء المقطر وتكون محلول مائي مشبع فإن عدد مولات غير الذائبة يمكن إيجادها كما يأتي :

n (غير الذائب)= n المضاف – n الذائب

↓

تمثل (s)

**س /** إذا علمت أن Ksp ($PbSO_4$) في المحلول المائي المشبع يساوي $1 \times 10^{-8}$ فما الذوبانية المولارية له.

**الحل /** نفرض قابلية الذوبان = s

$Pbso_{4\,(s)} \rightleftharpoons pb_{(aq)}^{+2} + so_{4(aq)}^{-2}$

$K_{sp} = [pb^{+2}]\,[so_4^{-2}]$

$10^{-8} = s \times s \quad \Rightarrow \quad 10^{-8} = s^2$

$\therefore\ s = 10^{-4}\ M$ (الذوبانية المولارية لـ $PbSO_4$)

**س /** أحسب قيمة ثابت حاصل الذوبان (حاصل الإذابة) Ksp لملح كبريتات الباريوم إذا علمت أن لتر واحد من محلوله المائي المشبع يحوي 0.0025g من ملح $BaSO_4$ الذائب وأن الكتلة المولية له = 233 g/mol.

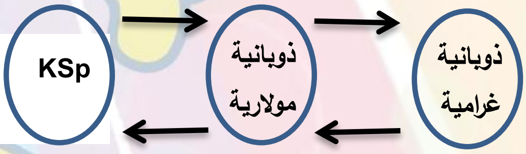
**الحل /**

$S\,(mol/L) = \frac{S(g/L)}{M}$

$S\,(mol/L) = \frac{0.0025}{233} = 1.1 \times 10^{-5}$

$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$

$\quad\quad\quad 1.1\ 10^{-5} \quad\quad 1.1 \times 10^{-5}$




$K_{sp} = [Ba^{+2}]\,[so_4^{-2}]$

$K_{sp} = (1.1 \times 10^{-5}) \times (1.1 \times 10^{-5})$

$K_{sp} = 1.22 \times 10^{-10}$

**ت3 - 16 /** إذا علمت أن لتر واحد من المحلول المشبع لكرومات الفضة $Ag_2CrO_4$ (M = 332g/mol) يحوي 0. 0215g من هذا الملح أحسب ثابت حاصل الذوبان لهذا الملح.

$s\left(\frac{mol}{L}\right) = \frac{s\,\frac{g}{L}}{M} = \frac{0.0215}{332} = 0.0000648\ \frac{mol}{L} = 65 \times 10^{-6} \Rightarrow 6.5 \times 10^{-5}$

$Ag_2CrO_{4\,(s)} \rightleftharpoons 2Ag^{+}_{(aq)} + CrO_{4\,(aq)}^{2-}$

$\quad\quad\quad 2S \quad\quad S$

$\quad\quad\quad 2(6.5 \times 10^{-5}) \quad\quad 6.5 \times 10^{-5}$

$K_{sp} = [Ag^+]^2\,[CrO_4^{2-}]$

$K_{sp} = [13 \times 10^{-5}]^2\,[6.5 \times 10^{-5}] \Rightarrow K_{sp} = 1098 \times 10^{-15}$

$K_{sp} = 1.098 \times 10^{-12}$

**ت3 - 17 /** أحسب الذوبانية المولارية والذوبانية بدلالة (g/L) لملح AgCl  (M = 143.5 g/mol) في محلوله عند حالة الاتزان إذا علمت أن $K_{sp} = 1.8\times10^{-10}$.

وزاري ٢٠١٣

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^{+} + Cl^{-}$$
S S

$K_{sp} = S^2 \Rightarrow 1.8 \times 10^{-10} = S^2 \Rightarrow S = 1.3 \times 10^{-5}$ mol/L

$s\,(\frac{g}{L}) = s\,(\frac{mol}{L}) \times M$

$s = 1.3 \times 10^{-5} \times 143.5$
$= 186.55 \times 10^{-5}$
$= 1.8655 \times 10^{-3}$
$= 1.9 \times 10^{-3}$ g/L

**3 - 27 أسئلة الفصل** أحسب الذوبانية المولارية s (التركيز المولاري للايونات الناتجة من تفكك الملح عند حالة الاتزان) والذوبانية بدلالة (g/L) لهيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ (M = 99.4 g/mol)، إذا علمت أن $K_{sp}(Zn(OH_2) = 1.2 \times 10^{-17}$.

**الحل:** وزاري ٢٠١٣

$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^{-}$$
S 2S

$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^{-}]^2 \Rightarrow 1.2 \times 10^{-17} = (S)(2S)^2$

$1.2 \times 10^{-17} = 4S^3 \Rightarrow \frac{1.2 \times 10^{-17}}{4} = S^3 \Rightarrow S^3 = 3 \times 10^{-18}$

$S = 1.44 \times 10^{-6}$ M

$S\,(g/L) = M \times M \times V_{(L)}$

$S\,(g/L) = 1.44 \times 10^{-6} \times 99.4 \times 1$

$S = 143.136 \times 10^{-6}$ g/L

فائدة

- اذا ذكر في السؤال وزن المادة المذابة في محلول مشبع من دون ذكر حجمه فهذه العبارة تعني الذوبانية بدلالة g / L
- اذا ذكر في السؤال وزن المادة المذابة التي تلزم اشباع لتر من المحلول فهذه العبارة تعني الذوبانية بدلالة g / L

**3 - 20 (أسئلة الفصل)** ما عدد غرامات ملح كرومات الفضة $Ag_2CrO_4$ (M = 332g/mole) التي يمكن أن تذوب في 100mL من الماء المقطر؟ علماً بأن $K_{sp} = 1.1 \times 10^{-12}$.

**الحل:**

$$Ag_2CrO_{4(s)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + CrO_{4(aq)}^{2-}$$

(2S) (S)

علماً $\sqrt[3]{0.275} = 0.65$

$$K_{sp} = [Ag^+]^2[CrO_4^{-2}]^1 \Rightarrow 1.1 \times 10^{-12} = [2S]^2\,[S]$$

$$4S^3 = 1.1 \times 10^{-12} \Rightarrow S^3 = \frac{1.1\times10^{-12}}{4} = 0.275 \times 10^{-12}$$

$$S = 0.65 \times 10^{-4}\ M$$

$$S(g) = 0.65 \times 10^{-4} \times 332 \times \frac{100}{1000}$$

$$= 2.16 \times 10^{-3} g$$



**س (خارجي) /** تم إضافة (0.01 mole) من $pbSO_4$ إلى لتر من الماء المقطر فتكون محلول مائي مشبع من $PbSO_4$ قيمة $K_{sp}$ له تساوي $1\times10^{-8}$ جد عدد مولات $PbSO_4$ غير الذائبة في المحلول.

**الحل /** نستخرج قابلية ذوبان $PbSO_4$ من خلال معرفة $K_{sp}$ وتمثل عدد المولات الذائبة

$$PbSO_{4\,(s)} \rightleftharpoons pb_{(aq)}^{+2} + so_{4\,(aq)}^{-2}$$

$$K_{sp} = s^2 \quad \Rightarrow \quad 10^{-8} = s^2 \quad \Rightarrow \quad s = 10^{-4}M$$

ان قابلية الذوبان تمثل عدد مولات $Pbso_4$ الذائبة

n (غير الذائب) = n المضاف – n الذائب

n (غير الذائب) = 0.0100 – 0.0001

n (غير الذائب) = 0.0099 mole

رحلة التفوق في السادس
عطاءٌ بلا حدود
A. M. Z

## العوامل المؤثرة على الذوبانية :

**١) تأثير درجة الحرارة :** إن عملية ذوبان أي مادة تصاحبها امتصاص طاقة للتغلب على قوى الترابط بين مكونات المادة المذابة مع انبعاث طاقة نتيجة إحاطة جزيئات الماء بالايونات الحرة مما يؤدي في معظم الأحيان إلى ارتفاع أو انخفاض في درجة حرارة المحلول تبعاً للفرق بين الطاقة الممتصة والطاقة المتحررة وفي الواقع العملي تزداد ذوبانية معظم المواد الشحيحة الذوبان بزيادة درجة الحرارة ولكن يختلف مقدار هذه الزيادة من مادة إلى أخرى.

**س واجب: ما تأثير زيادة درجة الحرارة على مادة شحيحة الذوبان**

**٢) تأثير الايون المشترك :**

إن إضافة الايون المشترك إلى المحلول المشبع لمادة شحيحة الذوبان يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل العكسي للمادة شحيحة الذوبان في محلولها المشبع فتقل قابلية الذوبان ويزداد ترسيب المادة.

**س /** محلول مائي مشبع ليودات الباريوم $Ba(IO_3)_2$ قيمة $K_{sp}$ له تساوي $4\times10^{-9}$ جد قيمة s
١- في الماء النقي. ٢- في محلول يحتوي على $KIO_3$ بتركيز 0.2M ثم ناقش النتائج.

**الحل /**

(1) $Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2}_{(aq)} + 2\,IO_3^{-1}{}_{(aq)}$

s 2s

$K_{sp} = [Ba^{+2}][IO_3^{-1}]^2 \Rightarrow 4\times10^{-9} = S\times(2S)^2$

$4\times10^{-9} = 4s^3 \Rightarrow s = 10^{-3}$ M (قابلية ذوبان يوديدات الباريوم في المحلول المشبع)

(2) $Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO_3^{-1}$

s 2s أيون مشترك

$KIO_3 \longrightarrow K^{+} + IO_3^{-}$

0.2 0.2 0.2

يهمل تركيز جزء الايون المشترك الناتج من تفكك المادة الشحيحة الذوبان لأنه كمية صغيرة جداً يمكن إهمالها في الحسابات التقريبية.

$K_{sp} = [Ba^{+2}][IO_3^{-1}]^2$

$4\times10^{-9} = s\times[2\times10^{-1}]^2$

$S = \frac{4\times10^{-9}}{4\times10^{-2}} = 10^{-7}$ M

**المناقشة :**

نلاحظ أن قابلية ذوبان $Ba(IO_3)_2$ قد قلت بسبب تكون الايون المشترك الذي أدى إلى زيادة سرعة التفاعل العكسي فقلت قابلية الذوبان وزاد الترسيب.

**علل(واجب): لماذا عند أضافة KIO3 الى المادة الشحيحة $Ba(IO_3)_2$ نلاحظ نقصان قابلية الذوبان وزيادة الترسيب**

رحلة التفوق في السادس
عطاءٌ بلا حدود A. M. Z

**ت3 - 18 /** قيمة $K_{sp} = 6.5\times10^{-9}$ لملح $MgF_2$ :

( أ ) أحسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في الماء النقي.

(ب) أحسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في محلول NaF تركيزه 0.1M ثم قارن النتيجتين.

علماً $\sqrt[3]{1.62} = 1.18$

$$MgF_4 \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2F^-$$

S 2S

$$K_{sp} = [Mg^{2+}][F^-]^2$$

$$6.5 \times 10^{-9} = [S][2S]^2$$

$$6.5 \times 10^{-9} = [4S]^3$$

$$\frac{6.5}{4} \times 10^{-9} = \frac{4}{4} S^3$$

$$1.625 \times 10^{-9} = S^3$$ بالجذر التكعيبي

$$1.18 \times 10^{-3} = S$$

$$S = 1.18 \times 10^{-3}\ M$$

$$MgF_2 \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2F^-$$

S 2S

$$NaF \longrightarrow Na^+ + F^-$$

0.1 0.1 0.1

$$K_{sp} = [Mg^{2+}][F^-]^2$$

$$6.5 \times 10^{-9} = [S][\underline{2S} + 0.1]^2$$

يهمل

$$S = \frac{6.5 \times 10^{-9}}{10^{-2}} = 6.5 \times 10^{-7}\ M$$

علل :واجب لماذا عند أضافة NaF الى المادة الشحيحة $MgF_2$ نلاحظ نقصان قابلية الذوبان وزيادة الترسيب (مع المعادلات)

ج:

* نلاحظ أن قابلية الذوبان لـ $MgF_2$ قد قلت بسبب تكون الأيون المشترك الذي يؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل الخلفي فتقل قابلية الذوبان ويزداد الترسيب.

**3 – 15 (أسئلة الفصل)** ما ذوبانية $BaSO_4$ في محلول مائي مشبع منه علماً بأن $K_{sp} = 1.6 \times 10^{-10}$
وما ذوبانيته بعد إضافة 1 ml من $H_2SO_4$ تركيزه 10M إلى لتر من المحلول المشبع منه.

**الحل:**

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{2-}$$
$$S \qquad S$$

$1.6 \times 10^{-10} = S^2 \quad \Rightarrow \quad S = 1.2 \times 10^{-5} M$

نستخرج $[H_2SO_4]$ بعد الإضافة

$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$10 \times 1 = M_2 \times 1000$

$M_2 = 0.01\ M$

$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{2-}$ ايون

$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$ مشترك

$0.01 \qquad 0.02 \qquad 0.01$

$K_{sp} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$

$1.6 \times 10^{-10} = S \times 10^{-2}$

$S = \frac{1.6\times10^{-10}}{10^{-2}} \quad \Rightarrow \quad S = 1.6 \times 10^{-8}\ M$

$1.6 \times 10^{-8}$ mol/L بوجود $H_2SO_4$

**3 – 19 (أسئلة الفصل)** أحسب الذوبانية (mole/L) والذوبانية بدلالة (g/L) للملح كبريتات الفضة $Ag_2SO_4$ (M = 314g/mole و $PK_{sp} = 4.92$) في :

وزاري ٢٠١٤

أ) الماء النقي. ب) محلول. 0.15 M كبريتات البوتاسيوم $K_2SO_4$.

**الحل:** ( أ ) : في الماء النقي

$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + SO_4^{-2}$

$2S \qquad S$

$K_{sp} = 10^{-PKsp}$

$K_{sp} = 10^{-4.92} \quad \Rightarrow \quad K_{sp} = 1.2 \times 10^{-5}$

$K_{sp} = [Ag^+]^2[SO_4^{-2}]^1 \Rightarrow 1.2 \times 10^{-5} = (2S)^2 (S)$

$4S^3 = 12 \times 10^{-6} \Rightarrow S^3 = 3 \times 10^{-6} \Rightarrow S = 1.4 \times 10^{-2}$

$\therefore S = 0.014$ M قابلية ذوبان $Ag_2SO_4$ في الماء النقي

$S (g/L) = S\ mol/L \times M \Rightarrow S = 0.014 \times 314 = 4.396\ g/L$

**(ب) بوجود 0.15M من $K_2SO_4$**

$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + SO_4^{-2}$
2S    S     أيون مشترك

$K_2SO_4 \longrightarrow 2K^+ + SO_4^{-2}$
0.15    2×0.15    0.15

$K_{sp} = [Ag^+]^2[SO_4^{-2}] \Rightarrow 1.2 \times 10^{-5} = [2S]^2 [0.15]$

$4S^2 = \frac{12\times10^{-6}}{15\times10^{-2}} = 0.8 \times 10^{-4} \Rightarrow S^2 = \frac{0.8}{4} \times 10^{-4} = 2\times 10^{-5}$

$S^2 = 20 \times 10^{-6}$ بالجذر التربيعي $\Rightarrow S = 4.47 \times 10^{-3}M$

$S(g/L) = M \times M \Rightarrow S (g/L) = 4.47 \times 10^{-3} \times 314$

$S(g/L) = 1.40358\ g/L$

**3 – 21 (أسئلة الفصل)** ما ذوبانية ملح كرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلول يكون فيه تركيز كلوريد الباريوم $BaCl_2$ (الكتروليت قوي) يساوي 0.1M؟ إذا علمت أن $K_{sp}(BaCrO_4)= 1.2 \times 10^{-10}$.

**الحل:**

$BaCrO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + CrO_4^{-2}$
S    S

$BaCl_2 \longrightarrow Ba^{+2} + 2Cl^-$
0.1    0.2

$K_{sp} = [Ba^{+2}][CrO_4]$

$1.2\times 10^{-10} = [0.1][S] \Rightarrow S = \frac{1.2\times10^{-10}}{10^{-1}} = 1.2 \times 10^{-9}$ M

س(واجب):أذا علمت ان الذوبانية المولارية لكرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلوله المائي المشبع يساوي $1.2 \times 10^{-5}$ ماعدد مولات كرومات البوتاسيوم $K_2CrO_4$ التي يجب أضافتها الى لتر من المحلول لجعل تركيز أيونات الباريوم $1.44 \times 10^{-8}$

س (خارجي)// ما عدد مولات KF الواجب إضافتها إلى لتر من المحلول المائي المشبع لـ $Mg\ F_2$ لكي تنخفض قابلية الذوبان بمقدار مائة مرة علماً أن قيمة (s) له في محلوله المشبع = $10^{-3}M$.

**الحل /**

نستخرج $K_{sp}$

$$MgF_2 \rightleftharpoons \underset{10^{-3}}{Mg^{+2}} + \underset{2\times10^{-3}}{2F^-}$$

$$K_{sp} = [Mg^{+2}]\,[F^-]^2 \Rightarrow K_{sp} = [10^{-3}]\,[2\times10^{-3}]^2$$

$$\therefore K_{sp} = 4 \times 10^{-9}$$

$$\text{قابلية الذوبان بوجود الايون المشترك} = \frac{\text{قابلية الذوبان في المحلول المشبع}}{\text{عدد مرات الانخفاض}}$$

$$\text{قابلية الذوبان بوجود الايون المشترك} = \frac{10^{-3}}{10^{2}} = 10^{-5}\ M$$

$$MgF_2 \rightleftharpoons \underset{10^{-5}}{Mg^{+2}} + \underset{2\times10^{-5}}{2F^-}$$

$$\underset{y}{KF} \longrightarrow \underset{y}{K^+} + \underset{y}{F^-}$$

$$K_{sp} = [Mg^{+2}]\,[F^-]^2$$

$$4 \times 10^{-9} = 10^{-5} \times y^2 \Rightarrow y^2 = \frac{4\times10^{-9}}{10^{-5}}$$

$$y^2 = 4 \times 10^{-4} \Rightarrow y = 2 \times 10^{-2}\ M$$

$$n = M \times V_{(L)} \Rightarrow n = 2 \times 10^{-2} \times 1 \Rightarrow n = 2 \times 10^{-2}\ \text{mole}$$

**س (واجب) /** محلول مائي مشبع ليودات الباريوم $Ba(IO_3)_2$ قيمة $K_{sp}$ له تساوي $1.57\times10^{-9}$

جد قيمة S ١- في الماء النقي. $\sqrt[3]{0.39} = 0.73$ علماً

٢ - في محلول يحتوي على $KIO_3$ بتركيز 0.02M ثم ناقش النتائج

## ٣) تأثير الاس الهيدروجيني (PH) :

تعتمد ذوبانية الكثير من المواد على $[H^+]$ في المحلول فمثلاً عند إضافة زيادة في $[H^+]$ إلى المحلول المشبع من $Mg(OH)_2$ تزداد قابلية ذوبانه بسبب اتحاد $H^+$ مع $OH^-$ فيزداد تفككه. أما عند إضافة قاعدة فتقل (s)، بسبب تكون الايون المشترك.

**مثال /** أحسب الذوبانية المولارية لهيدروكسيد المغنيسيوم $Mg(OH)_2$، $K_{sp} = 1.8 \times 10^{-11}$ في محلول مائي ثبتت درجة حموضته عند قيمة PH = 10.5 علماً أن $\log^{-1} 0.5 = 3$.

**الحل /**

$$POH = 14 - PH \quad \Rightarrow \quad POH = 14 - 10.5 = 3.5$$

$$\therefore [OH^-] = 10^{-POH} \quad \Rightarrow \quad [OH^-] = 10^{-3.5} \quad \Rightarrow \quad [OH^-] = 3 \times 10^{-4} M$$

$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2OH^-$$

$$\qquad\qquad (s) \qquad 3\times10^{-4}$$

$$K_{sp} = [Mg^{+2}][OH^-]^2$$

$$1.8 \times 10^{-11} = [S][3 \times 10^{-4}]^2$$

$$S = \frac{18\times10^{-12}}{9\times10^{-8}} \quad \Rightarrow \quad s = 2 \times 10^{-4}\ mol/L$$

**ت 3 - 20 /** أحسب ذوبانية هيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ في محلول ثبتت حامضيته عند: (أ) $PH = 6$ (ب) $PH = 9$ إذا علمت أن $K_{sp}(Zn(OH)_2)$ يساوي $1.2\times10^{-17}$ ثم ناقش النتائج. وزاري ٢٠١٣

(أ) $PH = 6 \Rightarrow POH = 14 - 6 \Rightarrow POH = 8$

$[OH^-] = 10^{-POH} = 10^{-8}$ M

$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2OH^-$$

S $\quad 10^{-8}$

$K_{sp} = [Zn^{2+}][OH^-]^2$

$1.2 \times 10^{-17} = S\,[10^{-8}]^2$

$S = \dfrac{1.2\times10^{-17}}{10^{-16}} = 1.2 \times 10^{-1}$ M $= 0.12$ M

(ب) $PH = 9 \Rightarrow POH = 14 - 9 \Rightarrow POH = 5$

$[OH^-] = 10^{-POH} = 10^{-5}$ M

$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2OH^-$$

S $\quad 10^{-5}$

$K_{sp} = [Zn^{2+}][OH^-]^2$

$1.2 \times 10^{-17} = S\,[10^{-5}]^2$

$S = \dfrac{1.2\times10^{-17}}{10^{-10}} = 1.2 \times 10^{-7}$ M

علل: عند أضافة HCl زيادة بتركيز $[H^+]$ الى محلول المادة الشحيحه الذوبان $Zn(OH)_2$ نلاحظ زيادة الذوبانية

الحل:

**المناقشة :** نلاحظ أن قابلية الذوبان لـ $Zn(OH)_2$ في المحلول (أ) أكبر لأن وجود محلول PH له = 6 يعني وجود زيادة من $[H^+]$ والذي يتفاعل مع $[OH^-]$ متحولاً إلى ماء مما يؤدي إلى زيادة في تفكك $Zn(OH)_2$ فتزداد قابلية ذوبانه.

أما المحلول (ب) فإن PH له = 9 وهذا يعني الوسط قاعدي أي زيادة $[OH^-]$ والتي تؤدي إلى زيادة سرعة التفاعل العكسي لمحلول $Zn(OH)_2$ مما يؤدي إلى انخفاض في قابلية الذوبان وبسبب تأثير الايون المشترك.

**ت3 - 18 /** ماهي أقل دالة حامضية (PH) لمحلول يحوي أيون الحديد (III) بتركيز يساوي $2\times10^{-10}$M، والتي إذا تم الوصول إليها أو تجاوزها يبدأ راسب هيدروكسيد الحديد (III) بالظهور في المحلول، علماً أن $K_{sp}$ لـ $Fe(OH)_3$ يساوي $5\times10^{-38}$.

وزاري ٢٠١٤

$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{3+} + 3OH^-$$

$$\quad\quad 2\times10^{-10} \quad\quad y$$

$$K_{sp} = [Fe^{3+}][OH^-]^3$$

$$5\times10^{-38} = 2\times10^{-10} \quad [OH^-]^3$$

$$[OH^-]^3 = \frac{5\times10^{-38}}{2\times10^{-10}} = 2.5\times10^{-28}$$

$$[OH^-]^3 = 0.250\times10^{-27}$$ بالجذر التكعيبي

علماً $\sqrt[3]{0.25} = 0.6$

$$[OH^-] = 0.6\times10^{-9}$$

$$[OH^-] = 6\times10^{-10}$$

$$POH = -\log[OH^-]$$

$$= -\log 6\times10^{-10}$$

$$= 10 - \log 6$$

$$= 10 - 0.8$$

$$POH = 9.2$$

$$PH = 14 - 9.2$$

$$PH = 4.8$$

س: واجب(خارجي) PH لمحلول من حامض الكبريتيك = 3.7 أحسب وزن Pb الواجب أضافته الى لتر من المحلول للحصول على محلول مشبع من $PbSO_4$ الكتلة المولية = 207 g/mol

$KSP(PbSO_4) = 10^{-8}$

**ظاهرة الترسيب** : تحصل عملية الترسيب للمادة شحيحة الذوبان كما يلي :

١) إذا كان الحاصل الايوني $> K_{sp}$ فتحصل عملية الترسيب والمحلول فوق الاشباع.

٢) إذا كان الحاصل الايوني $< K_{sp}$ فلا تحصل عملية ترسيب والمحلول غير مشبع.

٣) إذا كان الحاصل الايوني $= K_{sp}$ فالتأين في حالة توازن والمحلول مشبع.

## الحاصل الايوني :

((يمثل حاصل ضرب التراكيز المولارية لايونات المادة شحيحة الذوبان في محلولها المائي كل مرفوع إلى اس يمثل عدد مولاته في معادلة تفكك المادة شحيحة الذوبان وقبل الوصول إلى حالة توازن)).

**س كتاب /** ان تركيز ايون الكالسيوم في بلازما الدم يساوي 0.1g/L فإذا كان تركيز ايون الاوكزالات فيه يساوي $1\times10^{-7}M$ هل تتوقع أن يترسب اوكزالات الكالسيوم $CaC_2O_4$ علماً أن $(PK_{sp} = 8.64)$ وأن الكتلة الذرية لـ Ca = 40 g/mol علماً أن $log^{-1}$ 0.36 = 2.3.

وزاري ٢٠١٤

$$[Ca^{+2}] = \frac{(s)g/L}{M} = \frac{0.1}{40} = 25 \times 10^{-4}M$$

$$CaC_2O_4 \rightleftharpoons Ca^{+2} + C_2O_4^{2-}$$

نستخرج الحاصل الايوني

الحاصل الايوني $= [Ca^{+2}][C_2O_4^{-2}]$

$= [25\times10^{-4}][1\times10^{-7}]$

الحاصل الايوني $= 25\times10^{-11}$

نستخرج $PK_{sp}$ من $K_{sp}$

$$K_{sp} = 10^{-PKsp} = 10^{-8.64}$$
$$K_{sp} = 2.3 \times 10^{-9}$$

بما أن الحاصل الايوني $< K_{sp}$ ∴ لا يحصل ترسيب

**س خارجي/** تم مزج 200ml من $Ba(NO_3)_2$ بتركيز $(10^{-3}M)$ مع 800ml من $Na_2SO_4$ بتركيز $(10^{-4}M)$ بين هل يحصل ترسيب لـ $BaSO_4$ في محلول المزيج الناتج إذا علمت أن قابلية ذوبان $Baso_4$ في محلوله المشبع تساوي $10^{-5}$ M.

**الحل /**

* نستخرج $K_{sp}$ من المحلول المائي المشبع

$$Ba(SO_4)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + so_4^{-2}$$
$$\quad 10^{-5} \quad\quad 10^{-5}$$

$$K_{sp} = [Ba^{+2}]\,[so_4^{2-}]$$

$$K_{sp} = 10^{-5} \times 10^{-5} \Rightarrow K_{sp} = 1 \times 10^{-10}$$

* نستخرج $[Ba\,(NO_3)_2]$ بعد المزج

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$10^{-3} \times 200 = M_2 \times 1000$$
$$M_2 = \frac{10^{-3}\times200}{1000} \Rightarrow M_2 = 2 \times 10^{-4}\ M$$

* نستخرج $[Na_2\,SO_4]$ بعد المزج

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$
$$10^{-4} \times 800 = M_2 \times 1000 \Rightarrow M_2 = \frac{800\times10^{-4}}{1000}$$
$$M_2 = 8 \times 10^{-5}\ M$$

* نستخرج الحاصل الايوني لـ $BaSO_4$

$$Na_2\,SO_4 \longrightarrow \underset{16\times10^{-5}}{2\,Na^{+}} + \underset{8\times10^{-5}}{SO_4^{-2}}$$

$$Ba\,(NO_3)_2 \longrightarrow \underset{2\times10^{-4}}{Ba^{2+}} + \underset{4\times10^{-4}}{2NO_3^{-}}$$

الحاصل الايوني $= [so_4^{2-}]\,[Ba^{+2}]$

$= [8 \times 10^{-5}][2 \times 10^{-4}]$

$= 16 \times 10^{-9}$

بما ان الحاصل الايوني > $K_{sp}$

∴ يحصل ترسيب لـ $Baso_4$

## أسئلة الفصل الثالث

**٣ - ١** المعادلة الاتية تبين حالة الاتزان بين جزيئات الماء وأيوناته :

$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

أ- هل يتأثر اتزان هذا النظام بتغير درجة الحرارة.

ب- ما قيمة ثابت الحاصل الايوني للماء عند درجة حرارة 25c°، وكم هو تركيز ايون الهيدروجين وتركيز ايون الهيدروكسيد في الماء النقي؟

**٣ - ٣** في المحاليل المائية للمواد التالية، هل يكون المحلول حامضياً أو قاعدياً أو متعادلاً؟ ولماذا؟

أ) $NH_4Cl$، ب) $Na_2SO_4$، ج) $CH_3COOK$، د) $CaF_2$، هـ) $MgSO_4$، و) $KCl$.

**٣ - ٥** اختر الجواب الصحيح :

١- ان عدد مليغرامات يودات الباريوم ($K_{sp} = 1.57\times10^{-9}$ و $M = 487g/mole$) التي يمكن أن تذوب في 150mL من الماء النقي هي :

أ) 34.4mg.

ب) 44.4mg.

ج) 53.4mg.

٢- التراكيز المولارية لايونات $Na^+$ و $SO_4^{-2}$ في محلول مائي يكون تركيزاً لكبريتات الصوديوم فيه يساوي 0.4° هي :

أ) $[SO_4^{-2}] = 0.4M$ و $[Na^+] = 0.4M$.

ب) $[SO_4^{-2}] = 0.4\ M$ و $[Na^+] = 0.2M$.

ج) $[SO_4^{-2}] = 0.4\ M$ و $[Na^+] = 0.8\ M$.

٣- قيم PH و POH لمحلول 0.05 M هيدروكسيد الصوديوم هي :

أ) PH = 1.3 و POH = 12.7.

ب) PH = 7.0 و POH = 7.0.

ج) PH = 12.7 و POH = 1.3.

٤- إن قيمة POH لمحلول نترات الامونيوم المائية بتركيز 0.5M تساوي :

أ) 7.00، ب) 9.22، ج) 4.78.

**س٣ - ١**

$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

أ- نعم يتأثر اتزان النظام عند تغير درجة الحرارة.

ب- في الماء النقي فإن :

$y = [OH^-] = [H^+]$

$K_w = [H^+] \times [OH^-]$

$1\times10^{-14} = y^2 \Rightarrow y = 10^{-7}\ M \quad \therefore [H^+] = [OH^-] = 10^{-7}M$

**س٣ - ٣**

أ ) $NH_4Cl$ ملح حامضي لأنه مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة.

ب) $Na_2SO_4$ ملح متعادل لأنه مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية.

ج) $CH_3COOK$ ملح قاعدي لأنه ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف.

د) $CaF_2$ ملح قاعدي لأنه مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف.

هـ) $MgSO_4$ ملح حامضي لأنه مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة.

و) $KCl$ ملح متعادل لأنه ملح مشتق من ملح قوي وقاعدة قوية.

**س٥** اختر الجواب الصحيح

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO_3^{-1}$$
$$\qquad\qquad s \qquad 2s$$

$K_{sp} = [Ba^{+2}][IO_3^{-1}]^2 \Rightarrow 1.57 \times 10^{-9} = [s] = [2s]^2$

$4s^3 = 1.57 \times 10^{-9} \Rightarrow s^3 = \frac{1.57}{4} \times 10^{-9} \Rightarrow s^3 = 0.3925 \times 10^{-9}$

$\therefore s = 0.73 \times 10^{-3}M$

$M = \frac{n}{V_L}$

$73 \times 10^{-5} = \frac{n}{\frac{150}{1000}} \Rightarrow n = 73 \times 0.15 \times 10^{-5} \Rightarrow n = 10.95 \times 10^{-5}$

$n = \frac{m}{M} \Rightarrow m = n \times M \Rightarrow m = 10.95 \times 10^{-5} \times 487$

$M = 5332.65 \times 10^{-5} \Rightarrow m = 0.0533265\ g$

$\therefore m = 0.0534\ g \Rightarrow m = 0.0534 \times 1000 \Rightarrow m = 53.4\ mg$

∴ الجواب الصحيح هو (ج) 53.4

٢)

$$Na_2SO_4 \longrightarrow 2Na^+ + SO_4^{-2}$$
0.4 0.8 0.4

الجواب الصحيح هو (ج)

٣)

$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$
0.05 0.05 0.05

$POH = -\log [OH] \Rightarrow POH = -\log 5 \times 10^{-2} \Rightarrow POH = 2\text{-}07$

$\therefore POH = 1.3 \Rightarrow PH = 14 - 1.3 \Rightarrow OH = 12.7$

$POH = 1.3 \quad , \quad PH = 12.3$ الجواب الصحيح (ج)

٤)

$$PH = \frac{1}{2}(PK_w - PK_b - \log [salt]$$

$$= \frac{1}{2}(14 - 4.74 - \log 5 \times 10^{-1})$$

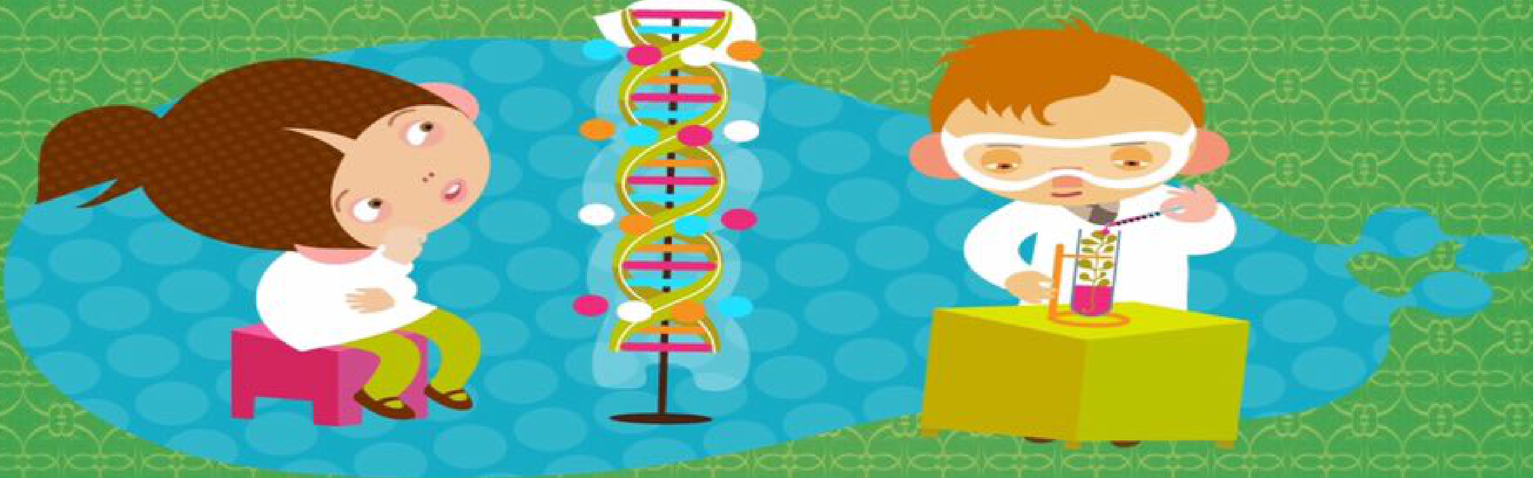
$$PH = \frac{1}{2}(14 - 4.74 + 1 - 0.7\ 5) \Rightarrow PH = \frac{9.56}{2} = 4.78$$

$\therefore POH = 14 - 4.78 \Rightarrow POH = 9.22$ الجواب الصحيح هو (ب)∴

# أضواء على
# الكيمياء

للسادس العلمي

## الفصل الرابع
## الكيمياء الكهربائيه



اعداد الاستاذ

## أحمد النداوي

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

**انطلاقا من قول المصطفى (ص): ((زكاة العلم نشرهُ وتعليمهُ))**

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بيـن ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السادس الأعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير.

إذ أن شبكتنا لاتقتصر عاى نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشـر الدروس المرئية المجانية لأكفأ التدريسيين بالأضافة الـى مجموعة قنواتنا التدريسية وكذلك الأرشادات والنصائح وطـرق الدراسـة الصحيحة هذا من جهة. أما من جهة أخرى فهو كسر لشوكة بعض المحسـوبين علـى الكادر التدريسي ممن يرفضون نشـر ملازمهم والتعاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

علماً ان كادر الشـبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشـباب العراقي الواعي المثقف بالأضافة الى تعاون بعض المدرسين الكرام كما واننا غير تابعين لأي جهة كانت رسمية او غير رسـمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت آملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

**كادر شبكة رحلة التفوق في السادس**

٢٠١٥/٨/٢١

**ا.د : اشرف الوائلي** | **ا.د : مينا الاحمد**



# الفصل الرابع

# تفاعلات التأكسد والاختزال والكيمياء الكهربائية

## أعداد التأكسد (Oxidation Number) :

عدد التأكسد : يمثل عدد الإلكترونات التي تفقدها أو تكتسبها الذرة في جزيء مركب وتمثل بشحنة كهربائية تكتب فوق رمز العنصر.



## القواعد المستخدمة لحساب أعداد التأكسد :

١- عدد تأكسد كل عنصر حر يساوي صفر.

مثال : عدد تأكسد $H_2$ , $O_2$, Al , Na , $P_4$ = صفر

٢- عدد تأكسد الأيون أحادي الذرة يساوي الشحنة على هذا الأيون

مثال : $O^{-2}$ عدد التأكسدي (-2)، $Al^{+3}$ عدده التأكسدي (+3).

٣-عدد تأكسد الهيدروجين في مركباته (+1) ما عدا الهيدريدات فيكون فيها -1.

مثال : عدد تأكسد الهيدروجين في $H_2O$ = (+1) اما في هيدريد الصوديوم NaH فهو (-1).

٤-عدد تأكسد الأوكسجين في مركباته (-2) ما عدا البيروكسيدات مثل $H_2O_2$ فهو (-1).

٥-أ-عدد تأكسد عناصر الزمرة الأولى (+1) مثل $Li^{+1}$, $Na^{+1}$ , $K^{+1}$, $Rb^{+1}$.

ب-عدد تأكسد عناصر الزمرة الثانية (+2) مثل $Be^{+2}$, $Mg^{+2}$, $Ca^{+2}$, $Sr^{+2}$.

ج-عدد تأكسد عناصر الزمرة الثالثة (+3) مثل $B^{+3}$, $Al^{+3}$, $Ga^{+3}$, $In^{+3}$.

*يمكن إيجاد العدد التأكسدي لأي عنصر في مركب كما يلي :

اذا كان المركب متعادل لاتظهر عليه شحنة موجبة او سالبه

(مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في مركب متعادل = صفر.)

مثال جد العدد التأكسدي للكبريت في $H_2SO_4$

عدد ذرات H، عدد ذرات S، عدد ذرات O

**الحل :** $(2 \times +1) + (1 \times y) + (4 \times -2) = 0 \Rightarrow -6 + y = 0 \Rightarrow y = +6$

عدد تأكسد H، عدد تأكسد S، عدد تأكسد O

- يمكن إيجاد العدد التأكسدي لذرة أي عنصر في أيون متعدد الذرات كما يلي :

مجموع أعداد التأكسد لجميع الذرات في الأيون متعدد الذرات = شحنة الأيون.

**مثال :** جد العدد التأكسدي للفسفور في $PO_4^{-3}$

**الحل :** $(1 \times y) + (4 \times -2) = -3 \Rightarrow y - 8 = -3 \Rightarrow y = +5$

**واجب س :** جد العدد التأكسدي لكل ذرة تحتها خط.

$\underline{Cr}_2O_7^{-2}$, $\underline{Mn}O_4^{-1}$, $Na\underline{I}O_3$, $H_2\underline{C}O_3$

رحلة التفوق في السادس
عطاءٌ بلا حدود

## (تفاعلات التأكسد والاختزال) Redox Reactions

((هي التفاعلات التي يتم بها انتقال الإلكترونات من مادة ذات ميل عالي على فقدان الإلكترونات إلى مادة ذات ميل أقل حيث تحدث عند الأولى عملية تأكسد وتسمى بالعامل المختزل وتحدث عند الثانية عملية اختزال وتسمى بالعامل المؤكسد)).

**التأكسد** : عبارة عن تغير كيميائي يصحبه فقدان في الإلكترونات من ذرة أو مجموعة ذرات ويؤدي إلى زيادة في أعداد التأكسد.

**الاختزال** : عبارة عن تغير كيميائي يصحبه اكتساب للإلكترونات من قبل ذرة أو مجموعة ذرات ويؤدي إلى نقصان في أعداد التأكسد.

س/ حدد الذرات التي تعاني تأكسد أو أختزال في التفاعلات الآتية مع كتابة أنصاف التفاعل للتأكسد والاختزال.

① $Mg + Fe^{+2} \rightarrow Mg^{+2} + Fe$

**الحل /**

نصف تفاعل (تأكسد) $Mg^{0} \rightarrow Mg^{+2} + 2e^{-}$

نصف تفاعل (اختزال) $Fe^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Fe^{0}$

بالجمع

التفاعل العام (يسمى تفاعل تأكسد واختزال) $Mg + Fe^{+2} \rightarrow Mg^{+2} + Fe^{0}$

② $Cl_2 + 2I^{-} \rightarrow 2Cl^{-} + I_2$

**الحل /** $I^{-}$ : يعاني تأكسد لأنه فقد الإلكترونات وزاد عددهُ التأكسدي

تأكسد (نصف تفاعل) $2I^{-1} \rightarrow I^{0}_2 + 2e^{-}$

$Cl_2$ : يعاني اختزال لأنه اكتسب الإلكترونات وقلّ عددهُ التأكسدي

اختزال (نصف تفاعل) $Cl_2 + 2e^{-} \rightarrow 2Cl^{-}$

بالجمع

التفاعل العام (يسمى تفاعل تأكسد واختزال) $Cl_2 + 2I^{-} \rightarrow 2Cl^{-} + I_2$

③ $2Na + Cl_2 \rightarrow 2Cl^{-1} + 2Na^{+}$

**الحل /**

نصف تفاعل (تأكسد) $Na^{0} \rightarrow Na^{+1} + 1e^{-}$

نصف تفاعل (اختزال) $Cl^{0}_2 + 2e^{-} \rightarrow 2Cl^{-1}$

عدد $e^{-}$ المفقودة في تفاعل التأكسد لا تساوي عدد $e^{-}$ في تفاعل الاختزال لذلك تضرب معادلة التأكسد في (2) لمساواة عدد الإلكترونات في المعادلتين :

$2Na^{0} \rightarrow 2Na^{+1} + 2e^{-}$

$Cl_2 + 2e^{-} \rightarrow 2Cl^{-1}$

بالجمع

$2Na^{0} + Cl_2 \rightarrow 2Na^{+} + 2Cl^{-1}$

ازداد عدد التأكسد (تأكسد)

قل عدد التأكسد (أختزال)

**واجب س : حدد الذرات التي تعاني تأكسداً وتلك التي تعاني اختزالاً في التفاعلات التالية مع كتابة انصاف التفاعل للتأكسد والاختزال.**

**(1)** $Zn + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$

**(2)** $Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$



**ملاحظات**

**١-تأكسد الفلزات تمثل تحول الذرات إلى أيونات موجبة أو تحول الايونات الموجبة إلى أيونات موجبة ذو عدد تأكسدي أعلى :**

$Na \rightarrow Na^{+1} + 1e^-$ تأكسد

$Mg \rightarrow Mg^{+2} + 2e^-$ تأكسد

$Al \rightarrow Al^{+3} + 3e^-$ تأكسد

$Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3} + 1e^-$ تأكسد

**٢-تأكسد اللافلزات وخاصة الغازات تمثل تحول الايونات السالبة إلى جزيئات ما عدا الهيدروجين يمثل تحول الجزيئة إلى أيونات موجبة.**

$2Cl^- \rightarrow Cl_2^0 + 2e^-$ تأكسد

$2F^- \rightarrow F_2^0 + 2e^-$ تأكسد

$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ تأكسد

**٣-اختزال الفلزات تمثل تحول الايونات الموجبة إلى ذرات أو الايونات الموجبة إلى ايونات موجبة ذو عدد تأكسدي أقل.**

$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu^0$ اختزال

$Mg^{+2} + 2e^- \rightarrow Mg^0$ اختزال

$Fe^{+3} + 1e^- \rightarrow Fe^{+2}$ اختزال

٤- اختزال اللافلزات تمثل تحول الجزيئات إلى أيونات سالبة ما عدا الهيدروجين يمثل تحول الايونات الموجبة إلى جزيئة.

$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$ اختزال

$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ اختزال

العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة :

**العامل المختزل Reducing Agent :**

هي المادة التي تتأكسد وتسبب اختزالاً لمادة أخرى.

**العامل المؤكسد Oxidizing Agent :** هي المادة التي تم اختزالها وتسبب تأكسداً لمادة أخرى.

س/ حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي :

$$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

الحل / النحاس هو العامل المختزل لأنه حصلت به عملية تأكسد بسبب فقدان الذرة الواحدة منه إلكترونين وتحول العدد التأكسدي من (0 إلى 2+).

يعتبر حامض النتريك هو العامل المؤكسد ويمكن أن نقول أن ذرة النتروجين هي العامل المؤكسد لأن عدد تأكسد النتروجين فيه قد تغير من +5 إلى +4 في $NO_2$ بسبب اكتساب ذرة النتروجين الواحدة إلكتروناً واحداً.

$$Cu^0 + 4H\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow \overset{+2}{Cu}(NO_3)_2 + 2\overset{+4}{N}O_2 + 2H_2O$$

س/ حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلات الآتية :

1) $Zn_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow ZnSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$

الحل :

Zn يعتبر عامل مختزل لأنه يعاني عملية تأكسد

$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$

$Cu^{+2}$ يعتبر عامل مؤكسد لأنه يعاني عملية اختزال

$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$

2) $Cu + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag$

**الحل :**

$Cu^0$ : يعتبر عامل مختزل لأنه عامل يعاني عملية تأكسد

$$Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e^-$$

$Ag^{+1}$ : يعتبر عامل مؤكسد لأنه يعاني عملية اختزال

$$2(Ag^+ + e^- \rightarrow Ag)$$

**س (١٥أسئلة الفصل) /** جد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي :

$$Ag\,NO_2 + Cl_2 + 2KOH \rightarrow AgNo_3 + 2\,KCl + H_2O$$

**الحل /**

العامل المؤكسد : $Cl_2$ لأنه حصلت له عملية اختزال.

العامل المختزل: $AgNO_2$ لأنه للنتروجين حصلت له عملية تأكسد حيث تحول النتروجين من

(تأكسد $N^{+3} \rightarrow N^{+5}$ عامل مختزل)

**واجب س /** حدد العامل المؤكسد والعامل المختزل في كل من التفاعلات الآتية :

1) $2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)}$

2) $Mg_{(s)} + Fe^{+2}_{(aq)} \rightarrow Mg^{+2}_{(aq)} + Fe_{(s)}$

3) $Mg_{(s)} + Cl_2 \rightarrow MgCl_{2(s)}$

**4 - 23 (أسئلة الفصل)** أي تفاعل هو تفاعل أكسدة – اختزال :

1) $Al_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$

2) $2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$ ☺

3) $2\,KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$ ☺

4) $SiBr_4 + 3H_2O \rightarrow H_2SiO_3 + 4HBr$

5) $Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$ ☺

**الخلايا الكهروكيميائية** : هي الخلايا التي تنتج أو تستهلك الطاقة الكهربائية وكل خلية كهروكيميائية تتكون من قطبين وسلك معدني ومحلول إلكتروليتي.

أ- **القطب الموجب (الانود)** : هو القطب الذي تجري عنده عملية التأكسد والذي يكون مصدراً للإلكترونات.

ب- **القطب السالب (الكاثود)** : وهو القطب الذي تجري عنده عملية اختزال والذي تتحول إليه الإلكترونات. مستقبلاً للالكترونات

جـ- **السلك المعدني** : والذي عن طريقه تنتقل الإلكترونات من الانود(+) إلى الكاثود(−).

د- **محلول الكتروليتي** : كلا القطبين يكونان مغمورين فيه حيث تشترك مكوناته في تفاعلات التأكسد والاختزال التي تجري على سطحي القطبين.

### س / ماذا يحدث عند غمر لوح من الخارصين في محلول كبريتات النحاس II.

**ج/** ١-(علل) يبدأ لوح الخارصين بالتآكل والاضمحلال ويصاحب ذلك زيادة في تركيز أيونات الخارصين ($Zn^{+2}$) وهذا يعني حدوث تفاعل تلقائي حيث تحدث عملية تأكسد لذرات الخارصين Zn متحولة إلى أيونات $Zn^{+2}$.

٢- (علل)تكون طبقة اسفنجية بنية اللون (عنصر النحاس) بإكساء لوح الخارصين مع ترسيب قسم من النحاس في قعر الإناء (بسبب) حدوث عملية اختزال لايونات النحاس ($Cu^{+2}$) متحولة إلى ذرات نحاس Cu.

٣- (علل)يبدأ اللون الأزرق للمحلول بالاضمحلال نتيجة لنقصان أيونات النحاس في المحلول حتى يصبح عديم اللون.

ومعادلة التأكسد والاختزال هي :

$$Zn^{0}_{(s)} + Cu^{+2}SO_{4(aq)}^{-2} \rightarrow Zn^{+2}SO_4^{-2} + Cu^{0}$$

ازرق اللون     عديم اللون     بني اللون

نلاحظ أن $SO_4^{-2}$ لم يتغير عددها التأكسدي لذلك يمكن تبسيط المعادلة كما يلي :

$$Zn^{0} + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$$



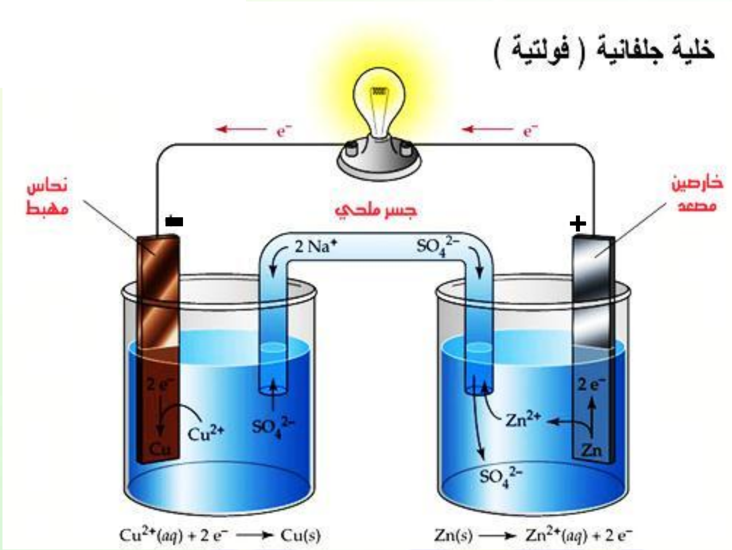

**أنواع الخلايا الكهروكيميائية :**

١- الخلايا الكلفانية.

٢- الخلايا الإلكتروليتية.

١- الخلايا الكلفانية أو الفولتائية: هي تلك الخلايا التي تتحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية من خلال تفاعل يجري تلقائياً لتوليد التيار الكهربائي مثل[١] البطاريات [٢] وخلية العمود الجاف [٣] وخلية دانيال النموذجية.

س/ تعتبر خلية دانيال من ابسط واشهر الخلايا الكلفانية وضح مكونات هذه الخلية (مع الرسم)




ج/ ١- الانود (قطب الخارصين).

٢- الكاثود (قطب النحاس).

٣- الجسر الملحي.

٤- السلك المعدني.

س: قارن بين الانود والكاثود في خلية دانيال

| الانود (قطب الخارصين) | الكاثود (قطب النحاس) |
|---|---|
| ١- تحدث عنده عملية تأكسد (يتحول من ذرة الى أيون) $Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ | ١- تحدث عنده عملية اختزال (يتحول من أيون الى ذرة) $Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$ |
| ٢- يعتبر مصدر للإلكترونات. | ٢- يعتبر مستلم أو مستهلك للإلكترونات |
| ٣- يضمحل لوح الخارصين بمرور الزمن. | ٣- يزداد سمك لوح النحاس بمرور الزمن. |
| ٤- يمثل القطب الموجب للخلية. | ٤- يمثل القطب السالب للخلية. |

| | |
|---|---|
| ٦- يقل تركيز محلول القطب بمرور الزمن. | ٥- يزداد تركيز محلول القطب بمرور الزمن. |

**الجسر الملحي** : عبارة عن انبوب زجاجي على شكل حرف (U) مقلوب يحتوي على محلول الكتروليتي لا يتغير كيميائياً أثناء عمل الخلية يثبت بداخل الانبوب بمادة الاكَار(agar) ماده جلاتينية (أهمية)تنتقل الايونات السالبة من محلول الكاثود إلى محلول الانود والايونات الموجبة للجسر بالاتجاه المعاكس وذلك لموازنة التراكيز ويمثل الجسر الملحي الدائرة الكهربائية الداخلية ويه تنتقل الايونات.

**السلك المعدني** : سلك معدني يربط لوح الانود (الخارصين) بلوح الكاثود (النحاس) حيث عن (أهمية) طريقه تنتقل الالكترونات من الانود إلى الكاثود ويمثل الدائرة الكهربائية الكهربائية للخلية.

تأكسد — انود $Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$

اختزال — كاثود $Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$

التفاعل العام للخلية $Zn + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$

س (واجب): ما أهمية الجسر الملحي والسلك المعدني في خلية دانيال

**قطب العنصر**: هو ذلك العنصر (القطب) المغمور في محلول أيوناته أو في حالة تماس مع محلول يحتوي على أيونات ذلك العنصر.

س / إذا علمت أن التفاعل التالي يحدث بصورة تلقائية في الخلية الكلفانية

$$Cu_{(s)} + 2Ag^+_{(aq)} \rightarrow Cu^{+2}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

اكتب تفاعلات نصفي الخلية :

الحل /

تفاعل نصف الخلية / الانود $Cu_{(s)} \rightarrow Cu^{+2} + 2e^-$

تفاعل نصف الخلية / الكاثود $2Ag^+ + 2e^- \rightarrow 2Ag_{(s)}$

**جهد القطب** : يمثل فرق الجهد الحاصل في لوح العنصر ومحلول أيوناته ويقسم إلى قسمين :

١- جهد التأكسد.

٢- جهد الاختزال.

**جهد التأكسد** : مقدار ميل المادة نحو فقدان الإلكترونات.

**جهد الاختزال** : مقدار ميل المادة نحو اكتساب الإلكترونات.

**جهد الخلية القياسي** : يمثل أكبر قيمة لفرق الجهد الكهربائي بين القطبين في الخلية الكلفانية ويرمز له بالرمز $E^0_{cell}$، وهو مقياس للقوة الدافعة للتفاعل الحاصل في الخلية، ويساوي المجموع الجبري لجهدي التأكسد والاختزال وعن 1 atm و25c° و1M.

$$E^0_{cell} = E^0_{anode} + E^0_{cathode}$$

**جهد الخلية يعتمد على** (مهم)

أ- طبيعة الاقطاب أو الايونات.

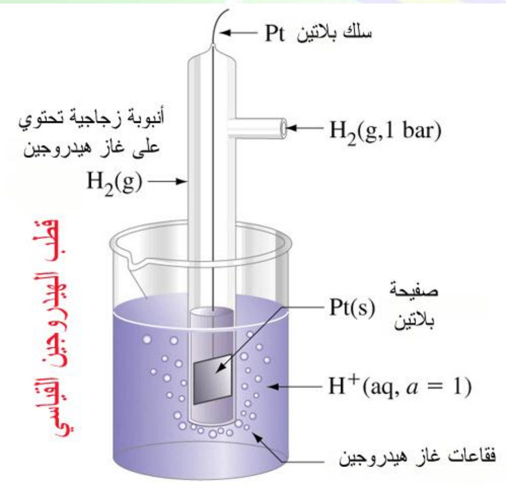
ب- تراكيز الايونات.

ج- درجة الحرارة.



* وحدة قياس الجهد الكهربائي هي الفولت (volt) ويرمز له بالرمز (V).

**قطب الهيدروجين القياسي** :




يتكون من أنبوبة زجاجية يمرر بها غاز الهيدروجين على شكل فقاعات بضغط مقدارها 1 atm وعند درجة حرارة 25c° في محلول يحتوي على أيونات $H^+$ مثل محلول HCl بتركيز (1M) تحتوي الانبوبة الزجاجية في أسفلها على قطعة من البلاتين ومغطاة بطبقة خشنة من البلاتين الاسود والمتصلة بسلك من البلاتين.

يستخدم البلاتين في صنع قطب $H_2$ القياسي لأنه مادة خاملة لا تعاني تأكسداً واختزالاً ومادة البلاتين تقوم بمهمتين : (فائدة)

أ- توفير سطح للقطب يمكن تفكك جزيئات الهيدروجين عليه.

ب- توفير وسيلة لحدوث توصيل كهربائي مع الدائرة الخارجية.

يرمز **لقطب الهيدروجين** القياسي **بالرمز (SHE)** وهذا مشتق من الاحرف الأولى للكلمات **(Standard Hydrogen Electrode)**.

*جهد قطب $H_2$ القياسي يساوي صفر فولت.

**حفظ**

$H_{2(g)} \rightarrow 2H^+_{(aq)} + 2e^-$ $\quad E^0_{anode} = (0)\ V$

$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ $\quad E^0_{cathode} = (0)\ V$

**علل/** تم اختيار قطب $H_2$ القياسي كقطب مرجع (ذو جهد قياسي معلوم).

ج/ لأنه عنصر نشاطه الكيميائي متوسط بين العناصر فيمكن استخدامه كقطب أنود أو كاثود.

**علل/** لا يمكن قياس جهد قطب قياسي بمفرده.

ج/ لأنه يستحيل إجراء عملية تأكسد بصورة منفردة ما لم تحصل عملية اختزال في الوقت نفسه.

**س/** ما أهمية قطب الهيدروجين القياسي.

ج/ عن طريقه يمكن معرفة جهود الاقطاب المجهولة الجهد حيث يربط قطب الهيدروجين مع القطب المجهول الجهد فتتكون خلية فولتائية يتم قياس جهدها بواسطة فولتميتر حيث جهد الخلية يمثل جهد القطب المجهول لأن جهد قطب $H_2$ القياسي يساوي صفر.

**س/** تنخفض قيمة PH محلول قطب الهايدروجين عندما يكون انوداً

ج: بسبب تاكسده فيعطي ايونات $H^+$ فيزداد تركيز $H^+$ فتزداد الحامضية فتنخفض PH (التناسب عكسي)

**ملاحظة**: جهد تأكسد أي عنصر يساوي جهد اختزاله بعكس الإشارة.

**مثال/** جهد تأكسد قطب الخارصين القياسي = 0.76 V

∴ جهد اختزال قطب الخارصين القياسي = 0.76 V -

* إذا توفر عنصران معلوم جهد اختزال كل منهما فالعنصر الذي له جهد اختزال أكبر يعتبر عامل مؤكسد أقوى والذي له جهد اختزال أقل يعتبر عامل مختزل أقوى أو عامل مؤكسد أضعف.

## (( حساب جهد الخلية القياسي $E^0_{cell}$ ))

عند حساب جهد الخلية القياسي يجب مراعاة النقاط الآتية :

١- يتم اختيار القطب الذي له أكبر جهد اختزال كاثوداً والقطب الذي له أقل جهد اختزال أنود ونقلب إشارة جهد اختزاله لأنه سيصبح للانود جهد تأكسد.

اكبر كاثود

٢- يجب أن تكون عدد الإلكترونات المفقود عند الانود مساوية ... ات المكتسبة عند الكاثود لذلك يجب أخذ المضاعف المشترك الأصغر لعدد الإ ... حذفها من طرفي المعادلة والحصول على التفاعل العام للخلية الخالي من الإلكترنات.

٣- <u>عند ضرب طرفي معادلات الاقطاب بعدد معين فإن قيمة جهد القطب تبقى ثابتة لا تتغير</u> **(علل)**

ج:/ وذلك لأن جهد القطب من الخواص المركزة والتي لا تعتمد على كمية المادة المشتركة في التفاعل وإنما يعتمد فقط على التركيز المولاري لايونات محلول القطب.

**مثال** :

$I_{2(s)} + 2e^- \rightarrow 2I^-_{(aq)}$ $\qquad E^0_{I_2/I^-} = 0.53\ V$

$2I_2 + 4e^- \rightarrow 4I^-$ $\qquad E^0_{I_2/I^-} = 0.53V$

٤- لاستخراج $E^0_{(cell)}$ تكتب تفاعلات نصفي الخلية عند الاقطاب وتكتب أمامها قيم جهودها القياسية ثم تستخدم العلاقة الآتية لحساب $E^0_{(cell)}$ :

$$E^0_{(cell)} = E^0_{anode} + E^0_{cathode}$$

أما إذا تم تحديد الانود والكاثود وتم أخذ جهود الاختزال القياسية من الجدول مباشرة فيمكن استخدامها كما هي واستخدام العلاقة الآتية :

$$E^0_{(cell)} = E^0_{cathode} - E^0_{anode}$$

* <u>عندما يستخرج جهد الخلية القياسي فإذا كانت</u> قيمته موجبة $(E^0_{cell} = +)$ يكون التفاعل تلقائي(يحدث) <u>للخلية أما إذا كانت</u> قيمته سالبة $(E^0_{cell} = -)$ فيكون التفاعل العام للخلية غير تلقائي(لايحدث) .

مثال (4-5) من جهود الاختزال القياسية الاتية أحسب جهد الخلية

$E° Zn^{+2} / Zn = - 0.76\ V$ و $E° Cu^{+2} / Cu = + 0.34\ V$

الحل: نجعل النحاس كاثود لانه له اكبر جهد اختزال ونجعل الخارصين انود لان له اقل جهد اختزال وتقلب الاشارة جهد اختزاله لأنه سيصبح للانود جهد تأكسد.

$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ $\quad E^0_{anode} = 0.76V$

$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$ $\quad E^0_{cathode} = 0.34V$

---

$$Zn_{(s)} + Cu^{+2}_{(aq)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + Cu_{(s)}$$

$$E^0_{(cell)} = E^0_{anode} + E^0_{cathode} \rightarrow E^0_{(cell)} = 0.76 + 0.34$$

$$E^0_{(cell)} = 1.1\ V$$

**تمرين (4-4)** خلية تتكون من قطب الهيدروجين كانود وقطب النحاس ككاثود فاذا كان فرق الجهد المقاس لهذه الخية يساوي 0.337 V احسب الجهد القياسي للنحاس

ج: $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ $\quad E°_{anode} = 0.0\ V$

$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$ $\quad E°_{cathode} = ?$

$$E^0_{(cell)} = E^0_{anode} + E^0_{cathode} \rightarrow 0.337\ V = 0.0 + E^0_{cathode}$$

$$E^0_{cathode} = 0.337\ V$$

**تمرين (4–5)** أحسب جهد الخلية القياسي لخلية تم عملها من قطب الكادميوم Cd المغمور في محلول 1M من نترات الكادميوم وقطب الكروم المغمور في 1M من نترات الكروم اذا علمت ان جهود الاختزال القياسية

$E° Cd^{+2} / Cd = - 0.40\ V$ و $E° Cr^{+2} / Cr = - 0.74\ V$

الحل: نختار قطب الكادميوم Cd كاثود ان له أكبر جهد اختزال والكروم Cr انود لان له اصغر جهد اختزال وتقلب الاشارة

تأكسد $Cr \rightarrow Cr^{+2} + 2e^-$ $\quad E^0_{anode} = + 0.74\ V$

اختزال $Cd^{+2} + 2e^- \rightarrow Cd$ $\quad E^0_{cathode} = - 0.40V$

---

التفاعل العام للخلية $Cr + Cd^{+2} \rightarrow Cr^{+2} + Cd$

$E^0_{(cell)} = E^0_{anode} + E^0_{cathode} \rightarrow E^0_{(cell)} = 0.74 + (-0.40)$

$E^0_{(cell)} = +0.34\ V$

**س/** خلية فولتائية تتكون من قطب الألمنيوم وقطب النحاس القياسيين أحسب جهد الخلية وبين تلقائية تفاعلها العام علماً أن جهود الاختزال القياسية $E^0_{Al^{+3}/Al} = -1.66V$ و $E^0_{cu^{+2}/cu} = 0.34V$

**الحل/** بما أن الاختزال القياسي للنحاس > جهد الاختزال القياسي للألمنيوم.

∴ سيكون قطب النحاس كاثود وقطب الألمنيوم أنود.

تأكسد $(Al_{(s)} \rightarrow Al^{+3} + 3e^-)\ x2$ $E^0_{anode} = 1.66V$

اختزال $(Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu)\ x3$ $E^0_{cathode} = 0.34V$

---

التفاعل العام للخلية $2Al + 3Cu^{+2} \rightarrow 2Al^{+3} + 3Cu$ $E^0_{cell} = 2V$

$\Delta G$ عكس $E^0_{cell}$

بما أن جهد الخلية موجب.

∴ التفاعل تلقائي.

**س/** خلية كلفانية في حالة قياسية تفاعلها العام كما يلي :

$Zn_{(s)} + Cu^{+2}_{(aq)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + Cu_{(s)}$

جد جهد تأكسد Cu القياسي إذا علمت أن $E^0_{cell}$ يساوي (1.1V)، وجهد الاختزال القياسي للخارصين $E^0_{zn^{+2}/zn} = -0.76\ V$

**الحل :**

$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ $E^0_{anode} = 0.76V$

$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$ $E^0_{cathode} = ?$

**ملاحظة: أذا اعطيت معادلة كيميائية في السؤال فمن خلال المعادلة نحدد من هو الانود ومن هو الكاثود حيث**

$Zn + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$ $\qquad E^0_{cell} = 1.1V$

$E^0_{(cell)} = E^0_{anode} + E^0_{cathode}$

$1.1 = 0.76 + E^0_{cathode}$

$E^0_{cathode} = 1.1 - 0.76 = 0.34V$ $\qquad \therefore E^0_{cu/cu^{+2}} = -0.34V$

تأكسد

**واجب س /** هل يمكن حدوث تفاعل التأكسد والاختزال الممثل بالمعادلة الآتية بصورة تلقائية.

$Ni_{(s)} + Co^{+2}_{(aq)} \rightarrow Ni^{+2}_{(aq)} + Co_{(s)}$

إذا علمت أن جهود الاختزال القياسية هي :

$E^0_{Ni+2/Ni} = -0.25V, E^0_{Co+2/Co} = -0.28V$



## الأنـواع الشائعة من الاقطاب وكيفية التعبير عنها كتابة :

١- **قطب الفلز / أيون الفلز** : يتكون من غمر لوح من فلز في محلول أيونات ذلك الفلز مثل قطب الخارصين والذي يتكون من غمر لوح من الخارصين في محلول كبريتات الخارصين.

$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^-$ تأكسد (انود)

$Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$ اختزال (كاثود)

> يمكن معرفة هذا القطب في السؤال وذلك من تـحول ذرة الى أيــون أو أيــون الى ذرة

ويمكن التعبير عن الخلية التي يتكون قطبيها من فلزات كما يلي :

**الكاثـــــود** | **الأنـــــــود**

رمز العنصر الصلب | رمز أيون العنصر(التركيز) || رمز أيون العنصر (التركيز) | رمز العنصر الصلب

س / عبر عن خلية دانيال النموذجية كتابةً.

الحل /

$Zn + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$ التفاعل العام للخلية

$Zn \mid Zn^{+2}(1M) \parallel Cu^{+2}\ (1M) \mid Cu$

**٢- القطب الغازي : مثل قطب $H_2$ القياسي :**

يمكن معرفة هذا القطب في السؤال وذلك من وجود أحد الغازات $Cl_2$، $F_2$، $Br_2$، $I_2$، $H_2$، $O_2$، $N_2$

* يستخدم عادة سلك من البلاتين كعنصر خامل يكون مثبت في الانبوبة الزجاجية ليعمل كسطح موصل للتيار الكهربائي في الاقطاب الغازية وذلك لكون الغاز غير موصل للتيار الكهربائي.

* ويمكن التعبير عن الخلية الكلفانية أو الفولتائية والتي يكون قطبيها غازات كما يلي :

| الكاثـــــــود | | | | الأنـــــــود | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pt | الصيغة الجزئية للغاز (الضغط) (1atm) | رمز أيون الغاز (التركيز)(1 M) | ‖ | رمز أيون الغاز (التركيز) (1 M) | الصيغة الجزئية للغاز (الضغط) (1atm) | Pt |

س / خلية فولتائية قياسية تفاعلها العام كما يلي عبر عنها كتابةً.

$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2H^{+} + 2Cl^{-}$

$Pt \mid H_2(1\ atm) \mid H^{+}(1\ M) \parallel Cl^{-}(1M) \mid Cl_2\ (1atm) \mid Pt$

**٣- أقطاب التأكسد والاختزال** تتكون من غمر عمود من البلاتين أو الكرافيت في محلول يحتوي على ايونات عنصر له حالتي تأكسد مثل ($Fe^{+2}$ و $Fe^{+3}$).

يمكن معرفة هذا القطب في السؤال وذلك من وجود عددي تأكسد في القطب الواحد

* ولكون هذا النوع من المحاليل غير موصل للتيار الكهربائي شأنه شأن الغازات لذا يجب غمر سلك من البلاتين في داخله وكتابة رمز البلاتين عند التعبير عن القطب كتابة وتوضع فارزة منقوطة (;) بين رمزي الايونين لكونهما موجودين في نفس المحلول.

الانـــــود $\parallel Fe^{+3}(1M)\ ;\ Fe^{+2}(1M) \mid Pt$

**س / خلية فولتائية تفاعلها العام في ظروف قياسية كما يلي :**

$$Zn_{(s)} + 2Fe^{+3}_{(aq)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2Fe^{+2}_{(aq)} \qquad E^0_{(cell)} = 1.53V$$

**جد جهد الاختزال القياسي لـ $Zn^{+2}$ إذا علمت أن جهد الاختزال القياسي $E^0_{Fe^{+3}/Fe^{+2}}$ يساوي**

**+0.77V. ثم عبر عن الخلية كتابة بعد أن تكتب تفاعلات أقطابها :**

**الحل /**

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^- \qquad E^0_{anode} = ?$$

$$2Fe^{+3}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow 2Fe^{+2}_{(aq)} \qquad E^0_{cathode} = +0.77V$$

$$Zn + 2Fe^{+3} \rightarrow Zn^{+2} + 2Fe^{+2}_{(aq)} \qquad E^0_{cell} = 1.53V$$

$$E^0_{cell} = E^0_{anode} + E^0_{cathode}$$

$$1.53 = E^0_{anode} + 0.77 \Rightarrow E^0_{anode} = 1.53 - 0.77 = 0.76V$$

$\therefore E^0_{oxd} = 0.76V$ تأكسد Zn  جهد تأكسد Zn  or  $E^0_{Zn/Zn^{+2}} = 0.76V$

$\therefore E^0_{Red} = -0.76V$ اختزال $Zn^{+2}$  جهد اختزال $Zn^{+2}$  or  $E^0_{Zn^{+2}/Zn} = -0.76V$

$$Zn \mid Zn^{+2}(1M) \parallel Fe^{+3}(1M)\ ;\ Fe^{+2}(1M) \mid Pt$$

**س / بين تلقائية التفاعل الآتي القياسي وفي حالة التفاعل تلقائي عبر عن الخلية كتابة**

$$3Fe + 2Au^{+3}_{(aq)} \rightarrow 3Fe^{+2}_{(aq)} + 2Au_{(s)}$$

**علماً أن جهود الاختزال القياسية هي :**

$$E^0_{Fe^{+2}/Fe} = -0.44V.,\ E^0_{Au^{+3}/Au} = 1.5V$$

**الحل /**

**<u>في حالة توضيح تلقائية أو عدم تلقائية تفاعل نعتمد على المعادلة في تحديد الانود والكاثود وليس على قيم جهود الاختزال المعطاة.</u>**

الكاثود

Reduction (اختزال)

$$3Fe_{(s)} + 2Au^{+3}_{(aq)} \longrightarrow 3Fe^{+2}_{(aq)} + 2Au_{(s)}$$

Oxidation (تأكسد)

**ملاحظة: اذا كان جهد الخلية القياسي $E^0_{cell}$ قيمة سالبة فلا يمكن التعبير عن المعادلة كتابتاً**

الأنود

$E^0_{cell} = E^0_{anode} + E^0_{cathode}$

$E^0_{cell} = +0.44 + 1.5$

$E^0_{cell} = 1.94\ V\ \ E^0_{cell}$

بما أن جهد الخلية موجب ∴التفاعل تلقائي

التعبير عن الخلية كتابةً $Fe\ |\ Fe^{+2}(1M)\ ||\ Au^{+3}(1M)|\ Au$

**س4 - 13 (أسئلة الفصل)/** هل يجري تفاعل الخلية المعبر عنها أدناه تلقائياً أم لا؟ علماً أن جهود الاختزال القياسية $E_{Fe^{+3}/Fe^{+2}} = 0.77V$ و $E_{Br2/Br^-} = +1.07V$

$Pt\ |\ Fe^{+2}\ (1M);\ Fe^{+3}\ (1M)\ ||\ Br^-\ (1M)\ |\ Br_2\ (1\ atm)\ |\ Pt$

$2(Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3} + 1e^-)$ $\quad E°_{anode} = -0.77\ V$

$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$ $\quad E°_{cathode} = 1.07\ V$

بالجمع

$2\ Fe^{+2} + Br_2 \rightarrow 2\ Fe^{+3} + 2Br^-$ $\quad E°_{cell} = 0.30\ V$

بما أن جهد الخلية القياسي موجب

∴ التفاعل تلقائي ويمكن أن يجري.

**4 - 28 (أسئلة الفصل):** للخلية الآتية :

$Al\ |Al^{+3}\ (1M)\ ||\ Cd^{+2}\ (1M)\ |\ Cd$

إذا علمت أن جهد الخلية القياسي يساوي (1.26V) وجهد الاختزال القياسي للكادميوم يساوي $E_{Cd^{+2}/Cd} = -0.40V$. أحسب جهد الاختزال القياسي للألمنيوم؟

**الحل:**

$2(Al \rightarrow Al^{+3} + 3e^-)$ $\quad E°_{Anode} = ?$

$3(Cd^{+2} + 2e^- \rightarrow Cd)$ $\quad E°_{cathode} = -\ 0.40\ V$

بالجمع

$2Al + 3Cd^{+2} \rightarrow 2Al^{+3} + 3Cd$ $\quad E°_{cell} =\ 1.26\ V$

$E°_{cell} = E°_{anode} + E°_{cathode}$

$1.26 = E°_{cell} + (-0.40)$

$E°_{anode} = 1.26 + 0.40 \Rightarrow E°_{oxd} = 1.66\ V$

$\therefore\ E°_{Al^{+3}/Al} = -1.66V$

*** ملاحظات *** :

**ملاحظة ١** : إذا كان لديك عدة أقطاب قياسية معلومة جهود الاختزال والمطلوب عمل خلية لها أكبر جهد ممكن نختار القطب الذي له أكبر جهد اختزال ونجعله كاثود ونختار القطب الذي له أصغر جهد اختزال ونجعله أنود (وتقلب الأشارة) ونترك بقية الاقطاب.

س خارجي / كيف تعمل خلية كلفانية لها أكبر جهد ممكن ثم عبر عن الخلية كتابة وأحسب جهدها القياسي إذا توفرت لديك الاقطاب القياسية الاتية معلومة جهود الاختزال القياسي لكل قطب.

$E^0_{Al^{+3}/Al} = -1.66V \quad , \quad E^0_{Zn+2/Zn} = -0.76V$

$E^0_{F2/F^-} = 2.87V \quad , \quad E^0_{Pb+2/Pb} = -0.13V$

الحل /

نختار قطب الفلور القياسي كاثوداً لأن له أكبر جهد اختزال ونختار قطب الألمنيوم انوداً لأن له أصغر جهد اختزال لذلك سيكون له أكبر جهد تتأكسد وبذلك نحصل على خلية لها أكبر جهد ممكن.

$2(Al \rightarrow Al^{+3} + 3e^-) \qquad E^0_{anode} = +1.66V$

$3(F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-) \qquad E^0_{cathode} = 2.87V$

---

$2Al + 3F_2 \rightarrow 2Al^{+3} + 6F^- \qquad E^0_{cell} = 4.537V$

$Al\ |\ Al^{+3}\ (1M)\ ||\ F^-\ (1M)\ |\ F_2\ (1atm)\ |\ Pt$

رحلة التفوق في السادس
عطاء بلا حدود

**ملاحظة ٢** : في حاله هل يمكن حفظ محلول في وعاء معين نجعل الوعاء أنود (تأكسد) والايونات الفعالة في المحلول كاثود (اختزال) اناء انود

فإذا كانت قيمة جهد الخلية سالب فالتفاعل غير تلقائي ويمكن حفظه وإذا كان جهد الخلية موجب فالتفاعل تلقائي ولا يمكن حفظه.

**س 16 (أسئلة الفصل)/** هل يمكن حفظ محلول ملح الطعام في وعاء من النحاس؟ علماً أن جهود الاختزال القياسية $E^0{}_{Cu^{+2}/Cu} = 0.34V$ و$E^0{}_{Na^{+}/Na} = -2.70V$ .

**الحل /**

$Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e^-$ $\qquad E^0{}_{anode} = -0.34V$

$2(Na^+ + 1e^- \rightarrow Na^0)$ $\qquad E^0{}_{cathode} = -2.70V$

بالجمع ────────────────

$Cu + 2Na^+ \rightarrow Cu^{+2} + 2Na$ $\qquad E^0{}_{cell} = -3.04V$

بما أن جهد الخلية القياسي سالب.

∴ التفاعل غير تلقائي. لذلك يمكن حفظه.

* (علل) توجد بعض المجاميع الذرية والتي تعتبر غير فعالة في هذا الموضوع (ج) لعدم دخولها في عمليتي التأكسد والاختزال مثل ($CH_3COO^-, CO_3{}^{-2}, NO_3{}^-, SO_4{}^{-2}$).

**س 17 (أسئلة الفصل)/** هل يمكن حفظ محلول كبريتات النحاس في إناء من النيكل أم لا يمكن ذلك؟ بين ذلك مع ذكر السبب؟ علماً أن جهود الاختزال القياسية :

$E^0{}_{Ni^{+2}/Ni} = -0.24\ V \quad , \quad E^0{}_{Cu^{+2}/Cu} = +0.34V$

**الحل /**

$Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{+2}{}_{(aq)} + 2e^-$ $\qquad E^0{}_{anode} = +0.24V$

$Cu^{+2}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$ $\qquad E^0{}_{cathode} = +0.34V$

بالجمع ────────────────

$Ni + Cu^{+2} \rightarrow Ni^{+2} + Cu$ $\qquad E^0{}_{cell} = 0.58V$

بما أن جهد الخلية القياسي موجب.

∴ التفاعل تلقائي ولا يمكن حفظه.

**ملاحظة** : في حاله هل يمكن **ترسيب** عنصر أو هل يمكن **إذابة** عنصر أم هل يمكن **تحرير** عنصر نعتمد على العمليات (**الذوبان، الترسب، التحرر) في تحديد الانود والكاثود**.

**١- الفلزات تذوب (تتأكسد) عند الانود وتترسب (اختزال) عند الكاثود.**

٢- الغازات (لا فلزات) ما عدا $H_2$ تذوب عند الكاثود (اختزال) وتتحرر عند الانود (تأكسد).

٣- الهيدروجين يذوب عند الانود (تأكسد) ويتحرر عند الكاثود (اختزال).

س 4-21 (أسئلة الفصل)// أيهما يحرر $H_2$ محلول ايونات الألمنيوم إذا علمت أن جهد الاختزال القياسي للألمنيوم $E^0_{Al^{+3}/Al} = -1.66V$ أم محلول أيونات الذهب الذي جهد اختزاله القياسي $E^0_{Au^{+3}/Au} = 1.50V$ ولماذا.

الحل / بما أن جهد الاختزال القياسي للهيدروجين (صفر) وإن الهيدروجين يتحرر عند الكاثود لذلك يجب أن نأخذ القطب الذي جهد اختزاله (أصغر من الصفر) لكي يكون أنود والهيدروجين كاثود لذلك أن الذي يحرر الهيدروجين هو الألمنيوم.

$$2(Al \rightarrow Al^{+3} + 3e^-) \qquad E^0_{anode} = +1.66V$$
$$3(2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2) \qquad E^0_{cathode} = 0V$$

$$2Al + 6H^+ \rightarrow 2Al^{+3} + 3H_2 \qquad E^0_{cell} = 1.66V$$

س / هل يستطيع لوح من النحاس مغمور في محلول كبريتات النحاس II بتركيز 1M عند 25c° أن يرسب الخارصين من محلوله القياسي. علماً أن جهود الاختزال القياسية هي

$E^0_{Cu^{+2}/Cu} = 0.34V$ ، $E^0_{Zn+2/Zn} = -0.76V$

الحل / في حالة ترسيب الخارصين يجب أن يكون كاثوداً والنحاس يكون أنوداً.

$$Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e^- \qquad E^0_{anode} = -0.34V$$
$$Zn^{+2} + 2e^- \rightarrow Zn \qquad E^0_{cathode} = -0.76V$$

بالجمع

$$Cu + Zn^{+2} \rightarrow Cu^{+2} + Zn \qquad E^0_{cell} = -1.10\ V$$

بما أن جهد الخلية سالب

∴ التفاعل غير تلقائي ولا تحصل عملية الترسيب.

تمرين (4-8) هل بامكان محلول HCl أذابة فلز الفضة الموجودة في محلول يحتوي على أيون الفضة $Ag^+$ بتركيز 1M للخلية التالية علماً ان جهد الاختزال للفضة $Ag^+ = 0.80\ V$

$$Ag \mid Ag^{+1}(1M) \parallel H^{+1}(1M) \mid H_2\,(1atm) \mid Pt$$

الحل: من خلال كتابة الخلية المعطاة يمكن معرفة انصاف الخلية

$2 \times (Ag \rightarrow Ag^{+} + 1e^{-})$ $E^{0}_{anode} = -\,0.80\ V$

$2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2)$ $E^{0}_{cathode} = 0.0\ V$

---

$2\,Ag \rightarrow 2Ag^{+} + 2e^{-})$ $E^{0}_{anode} = -\,0.80\ V$

$2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2)$ $E^{0}_{cathode} = 0.0\ V$

---

$2Ag + 2\,H^{+} \rightarrow 2Ag^{+} + H_2$

$E^{0}_{(cell)} = E^{0}_{anode} + E^{0}_{cathode} \rightarrow E^{0}_{(cell)} = -0.80 + (0.\,0)$

$E^{0}_{(cell)} = -\,0.80$ بما ان جهد الخلية سالب فان التفاعل لايتم تلقائياً اي HCl لا يذيب الفضة

V

**واجب س /** هل تستطيع أيونات $H^{+}$ بتركيز (1 M) والذي يكون بتماس من غاز $H_2$ تحت ضغط (1 atm) أن يذيب Al في محلوله القياسي علماً أن جهود الاختزال لـ $E^{0}_{Al^{+3}/Al} = -1.66V$.



## العلاقة بين جهد الخلية $E_{cell}$ وطاقة كبس $\Delta G$ وثابت الاتزان Keq.

الخلية الكلفانية تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية لإنجاز شغل.

الطاقة الكهربائية (J) = جهد الخلية (V) × الشحنة الكلية (C)

حيث V وحدة جهد الخلية بالفولت و(C) وحدة الشحنة بالكولوم.

(الفارادي) $F = N_A \times e^{-} (c)$

عدد افوكادرو شحنة الإلكترون

$F = 10^{23} \times 6.023\ Mol^{-1} \times 1.6 \times 10^{-19} (c) = 96500\ c / mole$

الطاقة الكهربائية (J) = الشحنة الكلية (nF) × جهد الخلية ($E_{cell}$)

$= nFE_{cell}$

إن إشارة الطاقة الكهربائية الناتجة من الخلايا الكلفانية تساوي عكس إشارة طاقة كبس الحرة

$$\therefore \Delta G = - n F E$$

والعلاقة بين الطاقة الحرة القياسية وجهد الخلية القياسي $E^0_{cell}$

$$\Delta G° = - n F E°$$

- من خلال العلاقة يتضح أنه كلما زادت قيمة $E^0_{cell}$ الموجبة كلما زادت تلقائية التفاعلات التي تجري عند اقطاب الخلية.

حيث $\Delta G°$ تمثل طاقة كبس الحرة القياسية.

n تمثل عدد مولات الإلكترونات.

F = الفارادي ويساوي 96500 c/mol

$E^0_{cell}$ = جهد الخلية القياسي.

ومن العلاقة $\Delta G° = - RTIn\ K_{eq}$ وربط هذه العلاقة بالعلاقة السابقة ينتج :

$$-RT\ In\ K_{eq} = -n F E^0_{cell}$$

$$\therefore \quad E^0_{cell} = \frac{RT}{nF} \times \ln K_{eq}$$ في جميع درجات الحرارة

أما عند 25c° فتصبح العلاقة بين ثابت الاتزان للتفاعل العام للخلية وجهد الخلية القياسي

$$E^0_{cell} = \frac{0.026}{n} \ln Keq$$

**ملاحظة :**

١- إذا كانت $E^0_{cell}$ موجبة فستكون $\Delta G°$ سالبة والتفاعل تلقائي أي يفضل تكوين النواتج وقيمة $K_{eq} > 1$

٢- إذا كانت قيمة $K_{eq} = 1$ فإن $E^0_{cell} = 0$ و $\Delta G° = 0$

وتكوين النواتج والمتفاعلات متساوية بالأفضلية.

٣- إذا كانت قيمة $K_{eq} < 1$ فإن $E^0$ ستكون سالبة و$\Delta G°$

ستكون موجبة والتفاعل غير تلقائية ويفضل تكوين المتفاعلات.

**س٢٠ (أسئلة الفصل) /** لماذا يكون جهد الخلية الكلفانية موجب؟

**ج /** لكي يكون التفاعل تلقائي يجب أن يكون جهد الخلية موجب ولكي تكون إشارة $\Delta G$ سالبة حيث العلاقة بينهما :

$$\Delta G = - nFE$$

س: اذا كانت keq = 1 فان $\Delta G°$....... و $E^0_{cell}$ = ..........

**مثال 7-4 /** خلية كلفانية قياسية تفاعلها العام كالآتي : $2Ag^+_{(aq)} + Pb_{(s)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Pb^{+2}_{(aq)}$

أحسب قيمة :

١) $\Delta G°$. ٢) ثابت الاتزان عند $K_{eq}$ عند درجة 25c° علماً أن جهود الاختزال القياسية

$$E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80\ V,\ E^0_{Pb^{+2}/Pb} = -0.13V$$

ثم عبر عن الخلية كتابة. علماً $\ln^{-1} 71.538 = 1.171 \times 10^{31}$

**الحـل /**

١)

$$Pb \longrightarrow Pb^{+2} + 2e^- \qquad E^0_{anode} = +0.13\ V$$

$$2(Ag^+ + 1e^- \longrightarrow Ag) \qquad E^0_{cathode} = +0.80\ V$$

بالجمع

$$Pb + 2Ag^+ \rightarrow Pb^{+2} + 2Ag$$

$$E^0_{cell} = E^0_{anode} + E^0_{cathode} = 0.93V$$

$$\Delta G° = -nFE^0 \Rightarrow \Delta G° = - 2 \times 96500 \times 0.93$$

$$\Delta G° = -179490\ J$$

$$Pb\ |\ Pb^{+2}\ (1M)\ ||\ Ag^+\ (1M)\ |Ag$$

٢) نحسب $K_{eq}$ للتفاعل العام للخلية

$$E^0_{cell} = \frac{0.026}{n} \ln K_{eq}$$

$$0.93 = \frac{0.026}{2} \ln K_{eq}$$

$$\ln K_{eq} = \frac{0.93}{0.013} = 71.538$$

$$\therefore K_{eq} = 1.171 \times 10^{31}$$

**تمرين (4-9)** أحسب طاقة كبس الحرة القياسية لتفاعل الخلية التالية عند درجة 25 C°

علماً $3Hg_2^{+2} + 2Cr \longrightarrow 6Hg + 2Cr^{+3}$

$$E^0\ Hg_2^{+2}/_{Hg} = +0.85\ V, \quad E^0\ _{Cr^{+3}/Cr} = -0.74\ V$$

$$2Cr \longrightarrow 2Cr^{+3} + 6e^- \qquad E^0_{anode} = +0.74\ V$$

$$3\,Hg_2^{+2} + 6e^- \longrightarrow 6\,Hg) \qquad E^0_{cathode} = +0.85\ V$$

بالجمع

$$3\,Hg_2^{+2} + 2Cr \rightarrow 6Hg + 2Cr^{+3}$$

$$E^0_{(cell)} = E^0_{anode} + E^0_{cathode} \rightarrow E^0_{(cell)} = (+0.74) + (+0.85)$$

$$E^0_{(cell)} = 1.59\ V$$

$$\Delta G° = -n\,F\,E^0 \Rightarrow \Delta G° = -6 \times 96500 \times 1.59$$

$$\Delta G° = -920610\ J/mol$$

**تمرين (4-10)** لتفاعل الخلية القياسي التالي عند درجة حرارة 25 C°

علماً ان $2Fe^{+3} + 2I^- \longrightarrow 2Fe^{+2} + I_2$ ، $E^0\ I_2/I^- = +0.53\ V,\ E^0\ _{Fe^{+3}/Fe^{+2}} = 0.77\ V$

أحسب أ- جهد الخلية القياسي ب- طاقة كبس الحرة القياسية ج- ثابت الاتزان

$\ln^{-1}18.46 = 1\times 10^8$ (علماً)

الحل:

الحديد يعاني الاختزال واليود يعاني تأكسد

$2I^{-} \longrightarrow I_2 + 2e^{-}$  $E^0_{anode} = -0.53\ V$

$2(Fe^{+3} + 1e^{-} \longrightarrow Fe^{+2})$  $E^0_{cathode} = +0.77\ V$

بالجمع

$2Fe^{+3} + 2I^{-} \longrightarrow 2Fe^{+2} + I_2$

$E^0_{(cell)} = E^0_{anode} + E^0_{cathode} \rightarrow E^0_{(cell)} = (-0.53) + (+0.77)$

$E^0_{(cell)} = 0.24\ V$

$\Delta G° = -n\,F\,E^0 \Rightarrow \Delta G° = -2 \times 96500 \times 0.24$

$\Delta G° = -46320\ J/mol$

$E^0_{cell} = \frac{0.026}{n}\ In\ K_{eq}$

$0.24 = \frac{0.026}{2}\ In\ K_{eq}$

$In\ K_{eq} = \frac{0.24}{0.013} = 18.46$

$In\ K_{eq} = 18.46 \longrightarrow \therefore K_{eq} = 1 \times 10^{8}$

**4 - 5 أسئلة الفصل** عند الظروف القياسية 25C وضغط 1 atm أي تفاعل سيجري تلقائياً في محلول مائي يحتوي على أيونات $Ce^{+4}$ و $Ce^{+3}$ و $Fe^{+3}$ و $Fe^{+2}$؟ أحسب $\Delta G°$ و $K_{eq}$ لهذا التفاعل.

(علماً) $In^{-1}\ 32.3076 = 1.1 \times 10^{14}$

إذا علمت أن جهود الاختزال القياسية $E_{Ce^{+4}/Ce^{+3}} = +1.61V$ و $E_{Fe^{+3}/Fe^{+2}} = +0.77\ V$ .

**الحل /**

$Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3} + 1e^{-}$  $E° = -0.77\ V$

$Ce^{+4} + 1e^{-} \rightarrow Ce^{+3}$  $E°_{cathode} = 1.61\ V$

$Fe^{+2} + Ce^{+4} \rightarrow Fe^{+3} + Ce^{+3}$  $E°_{cell} = 0.84\ V$  التفاعل تلقائي

$\Delta G° = -n\,FE° \Rightarrow \Delta G° = -1 \times 96500 \times 0.84$

$\Delta G° = -81060\ j/mol$

$$E° = \frac{0.026}{n} \text{In } K_{eq} \Rightarrow 0.84 = \frac{0.026}{1} \text{In } K_{eq}$$

$$\text{In } K_{eq} = \frac{0.84}{0.026} = 32.3076$$

$$K_{eq} = 1.1 \times 10^{14}$$

**4 - 37 (أسئلة الفصل)** أحسب ثابت الاتزان للتفاعل الآتي :

$$Sn_{(s)} + Pb^{+2}_{(aq)} \rightarrow Sn^{+2}_{(aq)} + Pb_{(s)}$$

علما أن جهود الاختزال القياسية $E_{Sn^{+2}/Sn} = -0.14V$ و $E_{Pb^{+2}/Pb} = -0.13V$.

علماً $\text{In}^{-1}\ 0.7692 = 2.16$

**الحل:**

$Sn \rightarrow Sn^{+2} + 2e^-$  $E°_{anode} = +0.14\ V$

$Pb^{+2} + 2e^- \rightarrow Pb$  $E°_{cathode} = -0.13\ V$

بالجمع

$Sn + Pb^{+2} \rightarrow Sn^{+2} + Pb$  $E°_{cell} = 0.01\ V$

$$E° = \frac{0.026}{2} \text{In } K_{eq}$$

$$0.01 = \frac{0.026}{2} \text{In } K_{eq}$$

$$0.01 = 0.013\ \text{In}K_{eq} \Rightarrow \text{In}K_{eq} = \frac{0.01}{0.013}$$

$$\text{In}K_{eq} = 0.7692$$

$$K_{eq} = 2.16$$

**معادلة نيرنست : هي العلاقة التي تربط بين جهد الخلية القياسي وجهد الخلية الغير قياسي ($E_{cell}$) عندما يكون التركيز المولاري لمحاليل أحد الاقطاب أو جميعها ليست (1M) وفي درجات حرارية مختلفة.**

**4 - 6** (أسئلة الفصل) أكتب معادلة نيرنست وعرف جميع الرموز التي تحتويها.

**الحل /**

معادلة نيرنست في جميع درجات الحرارة

$$E_{cell} = E°_{cell} - \frac{RT}{nF} \text{In}Q$$

حيث $E_{cell}$ = جهد الخلية غير القياسي

$E°_{cell}$ = جهد الخلية القياسي

R = 8.314 j/k.mol

n = عدد مولات $e^-$ المفقودة أو المكتسبة عند الأقطاب

F = 96500 c/mol

Q = حاصل التفاعل (تراكيز ايونات النواتج على تراكيز المتفاعلات)

**س /** متى تصبح $E^0 = E_{cell}$

**ج /** عندما Q=1 فإن قيمة InQ = صفر فيصبح الحد الثاني من معادلة نيرنست = 0 لذلك تكون

$E_{cell} = E^0_{cell}$

عند 25c° تصبح معادلة نيرنست كما يلي :

$$E_{cell} = E^0_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln Q$$

* تركيز العنصر الحر = 1 مثل $[Cl_2]$ = 1 ، [Al] = 1 عند تطبيق معادلة نيرنست.

**مثال 8-4 /** أحسب جهد الخلية ($E_{cell}$) عند درجة حرارة 25c° للخلية التي تفاعلها العام

$$2Ag^+_{(aq)} + Cu_{(s)} \rightarrow 2Ag_{(s)} + Cu^{+2}_{(aq)}$$

إذا علمت أن تراكيز الايونات $[Cu^{+2}] = 0.01M$ و $[Ag^+] = 0.01M$ وجهود الاختزال القياسية

$E^0_{Cu^{+2}/Cu} = +0.34V$ و $E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80V$ .

**الحل /**

$Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2e^-$ $\qquad E^0_{anode} = -0.34V$

$2Ag^+ + 2e^- \rightarrow 2Ag$ $\qquad E^0_{cathode} = +0.80V$

$2Ag^+ + Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2Ag$ $\qquad E^0_{cell} = 0.46V$

وباستخدام معادلة نيرنست نحسب $E_{cell}$

$$E_{cell} = E^0_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Cu^{+2}]}{[Ag^+]^2}$$

$$E_{cell} = 0.46 - \frac{0.026}{2}\, \mathrm{I}\,n \frac{[0.01]}{[0.01]^2}$$

$E_{cell} =$ 0.46 – (0.013 × In 100)

= 0.46 – (0.013 × 4.6)

= 0.46 – 0.0598

$E_{cell}$ = 0.4002 V

**تمرين (12-4)** أحسب $E°_{cell}$ $E_{cell}$ و ΔG للخلية الاتية

Mg |$Mg^{+2}$ (0.05M) || $Sn^{+2}$ (0.04M) | Sn علماً أن $-0.14V = E^0_{Sn^{+2}/Sn}$ و $-2.37V = E^0_{Mg^{+2}/Mg}$

علماً ln 1.25 = 0.223

الحل:

$Mg \rightarrow Mg^{+2} + 2e^-$ $E^0_{anode}$ = 2.37 V

$Sn^{+2} + 2e^- \rightarrow Sn$ $E^0_{cathode}$ = - 0.14 V

---

$Mg + Sn^{+2} \rightarrow Mg^{+2} + Sn$ $E^0_{cell}$ = 2.23 V

$$E_{cell} = E^0_{cell} - \frac{0.026}{n}\, \mathrm{I}\,n \frac{[Mg^{+2}]}{[Sn^{+2}]}$$

$$E_{cell} = 2.23 - \frac{0.026}{2}\, \mathrm{I}\,n \frac{[0.05]}{[0.04]}$$

$E_{cell}$ = 2.23 – (0.013 × In 1.25)

= 2.23 – (0.013 × 0.223)

= 2.23– 0.00289

$E_{cell}$ = 2.227 V

ΔG = -nFE ΔG = -2 × 96500 × 2.227

ΔG = -429811 J

**7 – 4 (أسئلة الفصل)** واجب أحسب $E°_{cell}$ و $E_{cell}$ و ΔG لتفاعلات الخلايا الآتية :

$3Zn_{(s)} + 2Cr^{+3}_{(aq)} \rightarrow 3Zn^{+2}_{(aq)} + 2Cr_{(s)}$

$[Cr^{+3}]$ = 0.01 و $[Zn^{+2}]$ = 0.001M

إذا علمت أن جهود الاختزال القياسية $E°_{Zn^{+2}/Zn} = -0.76V$ و $E_{Cr^{+3}/Cr} = -0.74V$ .

الحل/ -40530J/mol, + 0.07V, + 0.02V

**8 - 4 (أسئلة الفصل) أحسب $E_{cell}$ للخلية المكونة من نصفي التفاعل $Zn/Zn^{+2}$ وSHE. إذا كان $[Zn^{+2}] = 0.45$ و$P_{H2} = 1$ atm و$[H^+] = 1.8$. إذا علمت أن جهد الاختزال القياسي $E_{Zn^{+2}/Zn} = -0.76V$.**

**الحل:**

$Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ $E°_{anode} = 0.76$ V

$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ $E°_{cathod} = 0$ V

---

$Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{+2} + H_2$ $E°_{cell} = 0.76$ V

$$E = E° - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Zn^{+2}]}{[H^+]^2}$$

$= 0.76 - \frac{0.026}{2} \text{ In } \frac{0.45}{[1.8]^2}$

$= 0.76 – 0.013 \text{ In } \frac{0.45}{3.24}$

$= 0.76 – 0.013 \text{ In } 0.138888$

$= 0.76 – [0.013 \times (-1.974)]$

$= 0.760 + 0.025$

$= 0.785 \longrightarrow E \cong 0.79 \text{ V}$

رحلة التفوق في السادس

عطاءٌ بلا حدود A. M. Z

**س4 - 14 (أسئلة الفصل)** أحسب جهد قطب غاز $H_2$ في 25c° وضغط 1atm إذا علمت أن PH المحلول الإلكروليتي للقطب يساوي (1) ؟

**ملاحظة :** عندما يطلب في السؤال حساب جهد قطب ولم يحدده فيعني حساب جهد الاختزال.

**الحل /**

$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

$[H^+] = 10^{-PH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-1}M$

$E = E° - \frac{0.026}{n} \text{ In } \frac{1}{[H^+]^2}$

$E = 0 - \frac{0.026}{2} \text{ In } \frac{1}{[10^{-1}]^2}$

$= - 0.013 \text{ In } 100$

$= - 0.013 \text{ In } 10^2$

$= - 0.013 \times 2 \times 2.3 \longrightarrow = - 0.0598 \text{ V}$

**4 - 21 (أسئلة الفصل)** أحسب تركيز أيونات الخارصين في محلول قطب الخارصين إذا كان جهد اختزال الخارصين غير القياسي يساوي (-0.82V) وجهد اختزاله القياسي $E_{Zn^{+2}/Zn} = -0.76V$.

الحل:

$\frac{0.06}{0.013} = 4.6$

حفظ

حفظ

$2.3 \times 0.013 \cong 0.03$

$4.6 \times 0.013 \cong 0.06$

$6.9 \times 0.013 \cong 0.09$

$Zn^{+2} + 2e^- \rightarrow Zn$

$E = E° - \frac{0.026}{n} \text{ In } \frac{1}{[Zn^{+2}]}$

$$-0.82 = -0.76 - \frac{0.026}{2} \ \text{In} \ \frac{1}{[Zn^{+2}]} \Rightarrow 0.06 = -\ 0.013 \ \text{In} \ \frac{1}{[Zn^{+2}]}$$

$$\frac{-0.06}{-0.013} = \text{In} \ \frac{1}{[Zn^{+2}]} \Rightarrow 4.6 = \text{In} \ \frac{1}{[Zn^{+2}]} \Rightarrow \ \text{In} \ 100 = \text{In} \ \frac{1}{[Zn^{+2}]}$$

$[Zn^{+2}] = 0.01$ M

**4 - 22 (أسئلة الفصل)** احسب جهد خلية دانيال إذا علمت أن تركيز كبريتات الخارصين (0.1M) وتركيز كبريتات النحاس (0.01M) في درجة 25C. وأن الجهد القياسي للخلية يساوي (1.10V)؟

**الحل:**

انود $Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$ تأكسد

كاثود $Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$ اختزال

---

$Zn + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$ $E°_{cell} = 1.1V$

$$E_{cell} = E°_{cell} - \frac{0.026}{2} \ \text{In} \ \frac{0.1}{0.01}$$

$= 1.1 - 0.013$ In 10

$= 1.1 - 0.013 \times 2.3$

$= 1.10 - 0.03$

$= 1.07$ V

**4 - 24 (أسئلة الفصل)** خلية كلفانية تفاعلها العام في درجة 25C.

$$Cu^{+2}_{(aq)}\ (0.01M) + Cd_{(s)} \rightarrow Cu_{(s)} + Cd^{+2}_{(aq)}\ (0.1M)$$

وجهدها القياسي يساوي (+0.74V) أحسب التغير في الطاقة الحرة.

**الحل/**

$Cd \rightarrow Cd^{+2} + 2e^-$

$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$

---

$Cd + Cu^{+2} \rightarrow Cd^{+2} + Cu$

$$E = E° - \frac{0.026}{n} \ \text{In} \ \frac{[Cd^{+2}]}{[Cu^{+2}]}$$

$$= 0.74 - \frac{0.026}{2} \ \text{In} \ \frac{0.1}{0.01}$$

$= 0.74 - 0.013 \times 2.3$

$= 0.74 - 0.03$

$E = 0.71\ V$

$\Delta G = -nEF$

$\Delta G = -2 \times 0.71 \times 96500 \Rightarrow \Delta G = -137030\ J/mol$

**4 - 25 (أسئلة الفصل)** أحسب التغير في الطاقة الحرة لتفاعل الخلية التالي في درجة 25C :

$Mg \mid Mg^{+2}\ (1M) \| Br^{-}\ (0.1M) \mid Br_2\ (1\ atm) \mid Pt$

إذا علمت أن جهود الاختزال القياسية $E_{Mg^{+2}/Mg} = -2.37V$ و $E_{Br2/Br-} = +1.07V$

**الحل**

$Mg \mid Mg^{+2}\ (1M) \| Br^{-}\ (0.1M) \mid Br_2\ (1atm) \mid Pt$

$Mg \rightarrow Mg^{+2} + 2e^{-} \quad E°_{anode} = +2.37V$

$Br_2 + 2e^{-} \rightarrow 2Br^{-} \quad E°_{cathode} = 1.07V$

---

$Mg + Br_2 \rightarrow Mg^{+2} + 2Br^{-} \quad E°_{cell} = 3.44V$

$E = E° - \frac{0.026}{n} \ln [Mg^{+2}] [Br^{-}]^2$

$= 3.44 - \frac{0.026}{2} \ln (1) \times (10^{-1})^2$

$= 3.44 - 0.013 \ln 0.01$

$= 3.44 - (0.013 \times -4.6)$

$= 3.44 + 0.06$

$E = 3.5\ V$

$\Delta G = -nFE$

$\Delta G = -2 \times 96500 \times 3.5 \longrightarrow \Delta G = -675500\ J/mol$

**4 - 26 (أسئلة الفصل)** ما مقدار التغير في الطاقة الحرة للخلية التالية في درجة 25C علما أن : $K_{eq} = 2.3 \times 10^4$ وأن التفاعل العام لهذه الخلية :

$2H^{+}_{(aq)\ (1M)} + Pb_{(s)} \rightarrow H_{2(g)} + Pb^{+2}_{(aq)\ (0.01M)}$

**الحل:**

$E° = \frac{0.026}{n} \ln K_{eq}$

$$E° = \frac{0.026}{2} \text{In } 2.3\ \ 10^4$$
$$= 0.013 \times (4 \text{ In } 10 + \text{In } 2.3)$$
$$= 0.013 \times (4 \times 2.3 + 0.833)$$
$$E° = 0.013 \times (10.033) = 0.130429$$
$$E = E° - \frac{0.026}{2} \text{In } \frac{[Pb^{+2}]}{[H^+]^2}$$
$$= 0.13043 - \frac{0.026}{2} \text{In } \frac{0.01}{(1)^2}$$
$$= 0.13043 – (0.013 \times -4.6)$$
$$= 0.13043 + 0.0598$$
$$= 0.19023$$
$$\Delta G = -nEF \longrightarrow = -2 \times 96500 \times 0.19023 \longrightarrow = -36714.39 \text{ J/mol}$$

**4 - 27 (أسئلة الفصل)** خلية فولتائية في درجة 25C تفاعلها العام :

$$Sn^{+2}_{(aq)} + Ni_{(s)} \rightarrow Sn_{(s)} + Ni^{+2}_{(aq)}$$

إذا علمت أن جهد الخلية غير القياسي يساوي (+0.17V) أحسب تركيز ايونات النيكل $Ni^{+2}$، علماً أن قطب القصدير في ظروفه القياسية وجهود الاختزال $E_{Sn^{+2}/Sn} = -0.14V$ و $E_{Ni^{+2}/Ni} = -0.25V$.

**الحل/**

$$Sn^{+2}_{(aq)} + Ni_{(s)} \rightarrow Sn_{(s)} + Ni^{+2}_{(aq)}$$

$Ni \rightarrow Ni^{+2} + 2e^-$ $\quad E°_{anode} = + 0.25 \text{ V}$

$Sn^{+2} + 2e^- \rightarrow Sn^{+2}$ $\quad E°_{cathode} = - 0.14 \text{ V}$

بالجمع

---

$Ni + Sn^{+2} \rightarrow Ni^{+2} + Sn^0$ $\quad E°_{cell} = 0.11 \text{ V}$

ملاحظة: اذا ذكر في السؤال ان القطب في ظروف قياسية اي ان تركيز ايوناته تساوي (1M)

$$E°_{cell} = E°_{cell} – \frac{0.026}{n} \text{In } \frac{[Ni^{+2}]}{[Sn^{+2}]}$$
$$0.17 = 0.11 - \frac{0.026}{2} \text{In } \frac{[Ni^{+2}]}{1}$$
$$0.17 = 0.11 – 0.013 \text{ In } [Ni^{+2}]$$
$$0.06 = -0.013 \text{ In } [Ni^{+2}]$$

$\ln [Ni^{+2}] = \frac{0.06}{-0.013}$

$\ln [Ni^{+2}] = -4.6$

$[Ni^{+2}] = 0.01$ mol/L

**4 - 29 (أسئلة الفصل)** خلية كلفانية في درجة 25C أحد قطبيها هو الهيدروجين وبضغط 1 atm من غاز الهيدروجين والآخر قطب النيكل تركيز أيوناته فيه 0.01M؟ أحسب الاس الهيدروجيني (PH) لمحلول قطب الهيدروجين إذا علمت أن مقدار الطاقة الحرة لتفاعل الخلية 48.25KJ/mol- وأن جهد اختزال قطب النيكل القياسي 0.25V-؟

**الحل:**

$Ni \rightarrow Ni^{+2} + 2e^-$ $\quad E^0_{anode} = +0.25V$

$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ $\quad E^0_{cath} = +0.0V$

بالجمع

$Ni + 2H^+ \rightarrow Ni^{+2} + H_2$ $\quad E^0_{cell} = 0.25V$

$\Delta G = -nFE$

$-48.25 \times 1000 = -2 \times 96500\ E_{cell}$

$E = \frac{-48250}{-193000}$

$E_{cell} = 0.25\ V$

م; يجب ان تكون وحدة $\Delta G$ هي الجول J

$E_{cell} = E°_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Ni^{+2}]}{[H^+]^2}$

$0.25 = 0.25 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{[0.01]}{[H^+]^2}$

$0 = -0.013 \ln \frac{0.01}{[H^+]^2}$

$\frac{0}{-0.013} = \ln \frac{0.01}{[H^+]^2}$

$0 = \ln \frac{0.01}{[H^+]^2}$

$\ln 1 = \ln \frac{0.01}{[H^+]^2}$

$[H^+]^2 = \frac{0.01}{1}$

$[H^+]^2 = 0.01$ بجذر الطرفين

$[H^+] = 0.1$ M

$PH = -\log 10^{-1} \longrightarrow PH = 1$

**س 4 - 30 من الاسئلة /** الخلية الآتية :

$Sn | Sn^{+2}\ (?M)\ ||\ Ag^{+}\ (1M)\ |\ Ag$

إذا علمت أن جهد الخلية عند 25c° يساوي 0.9992V جد تركيز أيونات القصدير ($Sn^{+2}$) في محلول القطب علماً أن قطب الفضة في ظروف قياسية وجهود الاختزال القياسية

$E^0_{Sn+2/Sn} = -0.14V$ ، $E^0_{Ag+/Ag} = +0.80V$

**الحل /**

$Sn \rightarrow Sn^{+2} + 2e^-$ $\qquad E^0_{Oxd} = +0.14V$

$2Ag^+ + 2e^- \rightarrow 2Ag$ $\qquad E^0_{Red} = +0.80V$

بالجمع

$Sn + 2Ag^+ \rightarrow Sn^{+2} + 2Ag$ $\qquad E^0_{cell} = 0.94V$

$$E = E^0 - \frac{0.026V}{n} \ln \frac{[Sn^{+2}]}{[Ag^+]^2}$$

$$0.9992 = 0.94 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{[Sn^{+2}]}{[1]^2}$$

$0.9992 - 0.94 = -0.013 \ln [Sn^{+2}]$

$0.0592 = -0.013 \ln [Sn^{+2}]$

$-4.5538 = \ln [Sn^{+2}]$

$[Sn^{+2}] = 0.01M$

**4 - 39** (أسئلة الفصل) خفف محلول قطب الكاثود لخلية دانيال القياسي بالماء المقطر فانخفض جهد القطب بمقدار (0.0592 V) عن جهده القياسي. أحسب تركيز أيونات القطب حينئذ.

**الحل /**

$Cu^{+2} + 2e^- \rightarrow Cu$

نفرض جهد الاختزال القياسي لقطب النحاس = y

∴ جهد الاختزال لقطب النحاس غير القياسي = y – 0.0592

$$E = E^{\circ} - \frac{0.026}{n} \text{ In } \frac{[Cu]}{[Cu^{+2}]}$$

$$Y - 0.0592 = y - \frac{0.026}{2} \text{ In } \frac{1}{[Cu^{+2}]}$$

$$\text{In } \frac{1}{[Cu^{+2}]} = \frac{-0.0592}{-0.013}$$

$$\text{In } \frac{1}{[Cu^{+2}]} = 4.6$$

$$\text{In } \frac{1}{[Cu^{+2}]} = \text{In } 100$$

$$[Cu^{+2}] = \frac{1}{100}$$

$$[Cu^{+2}] = 0.01M.$$



**4 - 40 (أسئلة الفصل) /** إذا علمت أن جهود الاختزال القياسية لـ $E_{Zn^{+2}/Zn} = -0.76$ V و $E_{Ag^{+1}/Ag} = 0.8$ V أجب ما يأتي :

١–ماذا تتوقع إذا عملت خلية فولتائية تحتوي على لوحي من الخارصين والفضة في محاليل الكتروليتاتهم تركيز كل منها 1M، أي من القطبين يذوب وأي من أيونات محاليل القطب تترسب ولماذا؟.

٢– ما قيمة الطاقة الحرة الخلية الفولتائية المتكونة من قطب الخارصين القياسي وقطب الفضة الذي محلوله بتركيز 0.1M.

**الحل /**

١) بما أن جهد الاختزال القياسي لقطب الفضة أكبر

∴ سيكون قطب الفضة كاثود وتحصل به عملية ترسيب (اختزال) وسيكون قطب الخارصين أنود وتحصل به عملية تأكسد (ذوبان)

يذوب $Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^{-}$ $E^{\circ}_{anode} = 0.76$ V

يترسب $2(Ag^{+} + 1e^{-} \rightarrow Ag)$ $E^{\circ}_{cathode} = 0.8\ V$

بالجمع

$Zn + 2Ag^{+} \rightarrow Zn^{+2} + 2Ag$ $E^{\circ}_{cell} = 1.56\ V$

بما أن جهد الخلية موجب

∴ التفاعل تلقائي لذلك يذوب لوح الخارصين وتترسب أيونات الفضة بشكل فضة.

٢) نحسب جهد الخلية القياسي $E^{\circ}_{cell}$ وكما سبق في النقطة (١) ثم نحسب $E_{Cell}$ ثم نحسب $\Delta G$

ملاحظة : In 100 = 4.6

$$E = E^{\circ} - \frac{0.026}{n} \text{In} \frac{[Zn^{+2}]}{[Ag^{+}]^{2}}$$

$$E = 1.56 - \frac{0.026}{2} \text{In} \frac{1}{(10^{-1})^{2}}$$

$$E = 1.56 - (0.013 \times 4.6)$$

$$= 1.56 - 0.0598$$

$$E = 1.5002\ V$$

$$\Delta G = -nFE$$

$$\Delta G = -2 \times 96500 \times 1.5002$$

$$\Delta G = -289538.6\ J$$

**س خارجي /** إذا علمت أن $\Delta G$ تساوي 195.1616 KJ- للخلية الآتية

$Zn\ |Zn^{+2}\ (10^{-1}M)\ ||\ Cu^{+2}\ (10^{-4}M)\ |\ Cu$ عند 25c°

فما قيمة $\Delta G^{\circ}$ وما قيمة $E^{0}_{Zn+2/Zn}$ علماً أن $E^{0}_{Cu+2/Cu} = 0.34V$

**الحل /**

$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{(aq)} + 2e^{-}$ $E^{0} = ?$

$Cu^{+2}_{(aq)} + 2e^{-} \rightarrow Cu_{(s)}$ $E^{0}_{cathode} = 0.34V$

$Zn + Cu^{+2} \rightarrow Zn^{+2} + Cu$

$$\Delta G = -n\ FE_{cell}$$

$$-195.1616 \times 1000 = -2 \times 96500 \times E_{cell}$$

$$E_{cell} = \frac{-195161.6}{-2 \times 96500}$$

$$E_{cell} = 1.0112V$$

لإيجاد $E^0_{cell}$ نطبق معادلة نيرنست

$$E_{cell} = E^0_{cell} - \frac{0.026}{n} \ln \frac{[Zn^{+2}]}{[Cu^{+2}]}$$

$$1.0112 = E^0 - \frac{0.026}{2} \ln \frac{10^{-1}}{10^{-4}}$$

$$1.0112 = E^0_{cell} - 0.013 \times 6.907$$

$$E^0_{cell} = 1.0112 + 0.0898$$

$$E^0_{cell} = 1.1V$$

$$\Delta G° = -nFE$$

$$\Delta G° = -2 \times 96500 \times 1.1$$

$$\Delta G° = -212300\ J$$

$$E^0_{cell} = E^0_{Oxd} + E^0_{Red}$$

$$1.1 = E^0_{Oxd} + 0.34$$

$$E^0_{Oxd} = 1.1 - 0.34$$

$$E^0_{Oxd} = 0.76V$$

$$\therefore\ E^0_{Red\ Zn^{+2}/Zn} = -0.76V$$

**الخلية الإلكتروليتية :** هي خلية مستهلكة للتيار الكهربائي حيث تتحول فيها الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية وتفاعلاتها غير تلقائية أي أن قيمة الطاقة الحرة لها تكون موجبة ($\Delta G = +$) وتستخدم الخلايا الإلكروليتية في تنقية الفلزات وفي عملية الطلاء الكهربائي، وجهد الخلية الإلكتروليتية ذات قيمة سالبة.

**خلية التحليل الكهربائي لمنصهر NaCl :**

**التحليل الكهربائي :** هو العملية التي يتم فيها استخدام الطاقة الكهربائية لجعل تفاعل الخلية الإلكروليتية غير التلقائي يحدث.

إن منصهر NaCl يتكون من أيونات الصوديوم الموجبة $Na^+$ وأيونات الكلوريد السالبة $Cl^-$ حرة الانتقال وتتكون هذه الخلية من قطبي كاربون أو بلاتين مغمورة في منصهر كلوريد الصوديوم.
وعند عملية التحليل الكهربائي فإن أيونات الصوديوم تختزل عند الكاثود أما أيونات الكلوريد السالبة فإنها تتأكسد عند الانود.

خلية التحليل الكهربائي لمنصهر NaCl

اختزال $2Na^+ + 2e^- \longrightarrow 2Na$ (كاثود)

تأكسد $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$ (انود)

بالجمع

التفاعل العام للخلية $2Na^+ + 2Cl^- \longrightarrow 2Na + Cl_2$

**ملاحظة :** يجب إبقاء الصوديوم مفصولاً عن غاز الكلور حتى لا يتفاعلا بشكل تلقائي لتكوين NaCl مرة ثانية.

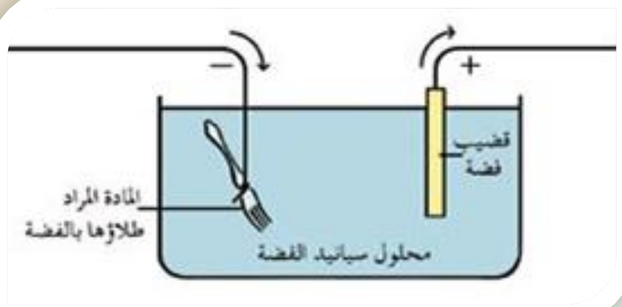
**س٩(أسئلة الفصل):** ما الفرق بين الخلية الكلفانية (مثل خلية دانيال) وخلايا التحليل الكهربائي

| الخلية الكلفانية | خلية التحليل الكهربائي |
|---|---|
| ١– تحول الطاقة الكيميائية إلى كهربائية. | ١– تحول الطاقة الكهربائية إلى كيميائية. |
| ٢– تفاعلات تلقائية. | ٢– تفاعلات غير تلقائية. |
| ٣– قيمة $\Delta G$ لتفاعلاتها سالبة وجهد الخلية موجب | ٣– قيمة $\Delta G$ لتفاعلاتها موجبة وجهد الخلية سالب |
| ٤– تحتوي على جسر ملحي. | ٤– لا تحتوي على جسر ملحي. |
| ٥– مثل خلية دانيال، العمود الجاف. | ٥– مثل خلية الطلاء الكهربائي. |

**الطلاء الكهربائي :** هي عملية إكساء اداة مصنوعة من فلز بفلز آخر أما ليقيها من التآكل أو ليكسبها مظهراً مرغوباً فيه.

* أنود خلية الطلاء يتكون من الفلز النقي المراد الطلاء به مثل الفضة النقية أو الذهب النقي.

* كاثود خلية الطلاء يتكون من السطح المراد طلاؤه مثل ملعقة طعام.




* محلول الخلية يحتوي على أحد أملاح الفلز النقي المراد

* تعتمد جودة الطلاء على عاملين :

١- أن تكون شدة التيار الكهربائي المستخدم ضعيفة.

٢- أن يكون تركيز أيونات الفلز المراد الطلاء به قليل.

## ((قــوانـيـن فــارادي))

**القانون الأول** : تتناسب كتلة أية مادة تترسب على الكاثود أو تذوب عند الانود أو تتحرر عند هذه الأقطاب مع كمية الكهربائية التي تمرر خلال الخلية الكهربائية.

**القانون الثاني** : تتناسب كتل المواد المختلفة التي تترسب على الكاثود أو تذوب عند الانود أو تتحرر كغازات عند هذه الاقطاب مع الكتل المكافئة (الوزن المكافئ) للمواد المختلفة عند مرور نفس الكمية من الكهربائية.

* يرمز للتيار الكهربائي (I) ووحدته أمبير ويرمز لهذه الوحدة (A).

* يرمز للشحنة الكهربائية بالرمز Q ووحدتها الكولوم ويرمز لهذه الوحدة بالرمز (C).

الشحنة الكهربائية بالكولوم (عدد الكولومات) $Q\,(c) = I\,(A) \times t\,(s)$

### ((القوانين الرياضية التي تحل بها مسائل التحليل الكهربائي))

1) $Q\,(c) = I(A) \times t\,(s)$

2) $Q\,(mole.\ e^-) = \dfrac{I \times t\,(s)}{96500}$ ← ثابت فاراداي

3) $Q\,(mole.\ e^-) = n$ (مترسبة أو ذائبة أو متحررة) × عدد مولات $e^-$ المفقودة أو المكتسبة

4) $Q\,(mole.\ e^-) = \dfrac{\text{عدد الذرات أو الجزيئات المتحررة}}{6.02 \times 10^{23}}$ × عدد مولات $e^-$ المفقودة أو المكتسبة

5) $Q\,(mole.\ e^-) = \dfrac{\text{حجم الغاز المتحرر باللتر } (S.T.P)}{22.4\ L}$ × عدد مولات $e^-$ المفقودة أو المكتسبة

6) $Q\,(mole.\ e^-) = \dfrac{m \text{ الكتلة المترسبة أو الذائبة}}{M \text{ الكتلة المولية}}$ × عدد مولات $e^-$ المفقودة أو المكتسبة

7) $Q\ (mole.\ e^-) = \frac{\text{عدد الإلكترونات المادة}}{6.02 \times 10^{23}}$ ← عدد افوكادو

* يمكن تحويل عدد المولات المتحررة إلى حجم الغازات في ظروف غير قياسية حسب القانون الآتي

(قانون الغاز المثالي) $PV = n\ RT$

* عند تحليل الماء كهربائياً فإن :

$$2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$$

أ- حجم الأوكسجين المتحرر = $\frac{1}{2}$ حجم الهيدروجين المتحرر.

ب- عدد جزيئات $O_2$ المتحررة = $\frac{1}{2}$ عدد جزيئات $H_2$ المتحرر.

جـ- عدد مولات $O_2$ المتحررة = $\frac{1}{2}$ عدد مولات $H_2$ المتحرر.

* إذا ترسب عنصر أو تحرر وترسب عنصر آخر أو تحرر عند نفس القطب فإن كمية الكهربائية ($mole.\ e^-$) تقسم عليهما اعتماداً على معرفة كمية الكهربائية المارة خلال الخلية ومعرفة كمية الكهربائية اللازمة لتحرر أو ترسيب أحد العنصرين على نفس القطب.

Q اللازمة لترسيب العنصر الاول – Q الكلية للخلية = Q اللازمة لترسيب العنصر الثاني

**(مثال 4-9 )** / لتفاعل نصف الخلية الآتي :

$$Mg^{+2}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Mg$$

أحسب عدد غرامات Mg التي يمكن انتاجها من فلز المغنيسيوم عند إمرار تيار شدته (25A) لفترة ساعة واحدة (1 hr) علماً أن الكتلة الذرية لـ Mg = 24 g/mole وما هي عدد ذرات Mg المترسبة عند الكاثود في نفس الظروف.

**الحل /**

$$t\ (s) = 1 \times 60 \times 60 = 3600\ (s)$$

$$Q\ mole.\ e^- = \frac{I(A) \times t\ (s)}{96500\ (c|mole)} = \frac{25 \times 3600}{96500} = 0.9\ mole\ .e^-$$

Q = n × المكتسبة $e^-$ عدد مولات

$0.9 = n\ Mg\ (mole) \times 2 \Rightarrow n\ Mg\ (mole) = \frac{0.9}{2} = 0.45\ mole$

$n = \frac{m}{M} \Rightarrow 0.45 = \frac{m}{24} \Rightarrow m = 0.45 \times 24 = 10.8\ g$

متربسة Mg عدد ذرات = n × N (A) ⇒ متربسة Mg عدد ذرات = $0.45 \times 6.023 \times 10^{23}$

∴ متربسة Mg عدد ذرات = $2.7 \times 10^{23}$

**تمرين 4-13 /** ما هي شدة التيار الذي يجب إمراره في محلول كلوريد الذهب $AuCl_3$ لمدة 200(s) ليرسب 3)g) من الذهب على الكاثود علماً أن الكتلة الذرية للذهب 197 g /mol.

$Au^{+3} + 3e^- \rightarrow Au$

$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{3}{197} = 0.015\ mol$

Q (mole. $e^-$) = n متربس × المكتسبة $e^-$ عدد مولات

$Q\ (mole.\ e^-) = 0.015 \times 3 \Rightarrow Q\ (mole.\ e^-) = 0.045$

$Q\ (mole.\ e^-) = \frac{I(A) \times t\ (s)}{96500\ (c|mol)}$

$0.045 = \frac{I(A) \times 200\ (s)}{96500\ (c|mol)}$

$I = \frac{0.045 \times 96500}{200} = 21.7125\ A$

**تمرين 4 - 14 /** محلول من كبريتات النحاس $Cuso_4$ تركيزه (0.2 M) وحجمه (600 ml) أمرر فيه تيار كهربائي شدته 96.5 A. أحسب الزمن اللازم لكي يتبقى 0.03 mol من أيون النحاس.

$n_{Cuso4}$ = M × V (L) ⇒ n = 0.2 × $\frac{600}{1000}$ ⇒ n كلية = 0.12 mol

$n_{Cu}$ مترسبة = n كلية – n متبقية ⇒ $n_{Cu}$ مترسبة = 0.12 – 0.03 = 0.09 mol

$Cu^{+2}_{aq} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

Q (mole . $e^-$) = n مترسبة × 2

$Q\ (mole\ .\ e^-) = 0.09 \times 2$

$Q\ (mole\ .\ e^-) = 0.18\ mole\ .\ e^-$

$Q\ (mole\ .\ e^-) = \frac{I\,(A)\times t\,(s)}{96500} \Rightarrow 0.18 = \frac{96.5\times t\,(s)}{96500}$

$t(s) = \frac{0.18\times 96500}{96.5} = 180\ S$

**4 – 10 أسئلة الفصل: أحد التفاعلات النصفية للتحليل الكهربائي للماء هو :**

$2H_2O(l) \rightarrow O_{2(g)} + 4\ H^+_{(aq)} + 4e^-$

**فإذا تم جمع 0.08L من $O_2$ عند 25C وضغط 755 mm. Hg فأحسب عدد مولات الإلكترونات التي يجب تمريرها في المحلول (معلومة : 1 atm = 760 mm. Hg).**

**الحل:**

$PV = nRT \Rightarrow \frac{755}{760} \times 0.08 = n\ 0.082 \times 298$

$0.993 \times 0.08 = n \times 24.436 \Rightarrow n = \frac{0.993 \times 0.08}{24.436}$

$n = \frac{0.07944}{24.436} \Rightarrow n = 0.00325$

$Q\ (Mol.\ e^-) = n \times 4$

$= 0.003 \times 4$

$= 0.012\ mol.\ e^-$

رحلة التفوق في السادس
عطاءٌ بلا حدود

**4 – 11 (أسئلة الفصل) / يسري تيار كهربائي لفترة (3.75 hr) خلال خليتي تحليل كهربائي مربوطتين على التوالي. تحتوي الخلية الأولى محلول $AgNO_3$، في حين تحتوي الثانية على محلول ($CuCl_2$) وخلال هذا الزمن ترسب (2g) من الفضة في الخلية الأولى.**

**أ) كم غرام من النحاس ترسب في الخلية الثانية. ب) ما قيمة التيار الساري بالأمبير.**

الحل / أ) علماً ان الكتلة الذرية للنحاس = 63.4 والكتلة الذرية للفضة = 108

$Ag_{(aq)}^+ + 1\ e^- \rightarrow Ag_{(s)}$

$Q(mol.e^-) = \frac{m}{M} \times$ عدد مولات $e^-$ المكتسبة

$Q(mol.e^-) = \frac{2}{108} \times 1 \Rightarrow Q(mol.e^-) = 0.0185185$

$Cu^{+2} + 2\ e^- \rightarrow Cu$

$Q = \frac{m\ Cu}{M} \times$ عدد مولات $e^-$ المكتسبة $\Rightarrow 0.01852 = \frac{m\ Cu}{63.4} \times 2$

$$m\ Cu\ (\text{مترسب}) = \frac{0.01852 \times 63.4}{2} = 0.5870365g$$

**ملاحظة :** إذا تم تقريب 0.01852 إلى 0.02 والكتلة المولية للنحاس (64) فسيكون النحاس المترسب يساوي 0.64g كما هو مكتوب في الجواب أ.

$$t\ (s) = 3.75 \times 3600$$
$$= 13500\ (s)$$
$$Q = \frac{I \times t}{96500} \Rightarrow 0.02 = \frac{I \times 13500}{96500}$$
$$I = \frac{0.02 \times 96500}{13500} \Rightarrow I = \frac{1930}{13500} = 0.14\ A$$

**4 - 18 (أسئلة الفصل)** ما هو التيار بالامبير (A) اللازم لترسيب 5g من الذهب في ساعة واحدة على سطح الكاثود من محلول يحتوي على ملح للذهب حالة التأكسد للذهب فيه (+3)؟

علماً ان الكتلة الذرية للذهب = 197g/mol

$$Au^{+3} + 3e^- \rightarrow Au$$
$$t(s) = 1 \times 60 \times 60 = 3600\ (s)$$
$$Q = \frac{m}{M} \times \text{عدد } e^- \text{ المكتسبة}$$
$$Q = \frac{5}{197} \times 3$$
$$Q = 0.076\ (mol\ e^-)$$
$$Q = \frac{I(A) \times t(s)}{96500\ (c|mol)} \Rightarrow 0.076 = \frac{I \times 3600}{96500}$$
$$I = \frac{0.076 \times 96500}{3600} = 2.037\ A$$

**4 - 31 (أسئلة الفصل)** أمرر تيار كهربائي شدته 10A خلال 965s في خلية تحليل كهربائي تحتوي على كبريتات النحاس ما هو وزن النحاس المترسب وعدد ذراته علماً أن الكتلة الذرية للنحاس = 63؟

$$Q\ (mol.\ e^-) = \frac{I(A) \times t(s)}{96500} = \frac{10 \times 965}{96500} = 0.1\ mol.\ e^-$$
$$Cu^{+2}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$$
$$Q\ (mol.\ e^-) = \frac{m}{M} \times 2\ \text{عدد } e^- \text{ المكتسبة}$$
$$0.1 = \frac{m\ (g)}{63} \times 2$$
$$m(g) = \frac{63 \times 0.1}{2}$$

$m = 3.15\ g$

$Q = n \times 2 \Rightarrow 0.1 = n \times 2 \Rightarrow n = \frac{0.1}{2} = 0.05$

عدد الذرات المترسبة $= n \times N_A \Rightarrow$ عدد الذرات المترسبة $= 0.05 \times 6.02 \times 10^{23}$

$\therefore$ عدد الذرات المترسبة من $Cu$ $= 0.3010 \times 10^{23}$

$= 0.3 \times 10^{23}$ ذرة نحاس مترسبة

**4 - 32 (أسئلة الفصل)** 0.648g من أحد الفلزات أحادي التكافؤ على الكاثود عند إمرار تيار كهربائي شدته 3A لمدة 3min و13s في محلول أحد الأملاح لذلك الفلز. احسب الكتلة الذرية للفلز المترسب؟

**الحل /**

$M^{+}_{(aq)} + 1e^{-} \rightarrow M_{(s)}$  $t_{(s)} = 3 \times 60 + 13 \Rightarrow t = 193\ (s)$

$Q\ (mol.e^{-}) = \frac{I(A) \times t(s)}{96500} = \frac{3 \times 193}{96500} = 0.006\ mol.e^{-}$

$Q\ (mol.e^{-}) = n \times 1$

$0.006 = \frac{m}{M} \times 1$

$0.006 = \frac{0.648}{M} \times 1 \Rightarrow M = \frac{0.648}{0.006} = 108\ g/mol$

**4 - 33 (أسئلة الفصل)** أحسب عدد الإلكترونات اللازمة لتحرير ضعف الحجم المولي لغاز الأوكسجين في STP (معلومة : الحجم المولي لأي غاز عند STP يساوي 22.4L)؟

**الحل/**

$2O^{-2} \rightarrow O_2 + 4e^{-}$

$n\ O_2$ متحررة $= \frac{\text{حجم } O_2 \text{ في } STP}{22.4} \Rightarrow n\ O_2$ متحررة $= \frac{2 \times 22.4}{22.4} = 2\ mole$

$Q\ (mol.e^{-}) = n\ o_2$ متحررة $\times 4 \Rightarrow Q\ (mol.e^{-}) = 2 \times 4 = 8$

$Q = \frac{\text{عدد } e^{-}}{6.02 \times 10^{23}} \Rightarrow$ عدد $e^{-} = 8 \times 6.02 \times 10^{23}$

عدد $e^{-} = 48.16 \times 10^{23}$

**4 - 34 (أسئلة الفصل)** أحسب شدة التيار اللازم إمراره لمدة 2hr و520s في خلية تحليل الماء كهربائياً لكي يحرر $36.12 \times 10^{21}$ جزيئة من الهيدروجين والأوكسجين على قطبي الخلية؟

**الحل: /** نفرض عدد جزيئات $O_2$ المتحررة = y

∴ عدد جزيئات $H_2$ المتحرر = 2y

$$y + 2y = 36.12 \times 10^{21}$$

$$\text{عدد الجزيئات}\quad y = \frac{36.12 \times 10^{21}}{3} = 12.04 \times 10^{21}$$

$$2O^{-2} \rightarrow O_2 + 4e^-$$

$$n\,O_2\ \text{متحرر} = \frac{\text{عدد الجزيئات}}{N_A} = \frac{12.04 \times 10^{21}}{6.02 \times 10^{23}} = 2 \times 10^{-2} = 0.02\ \text{mol}$$

$$Q\,(mol.e^-) = n\,(o_2)\ \text{متحرر} \times 4 \Rightarrow Q\,(mol.e^-) = 2 \times 10^{-2} \times 4 = 0.08\ \text{mol. e}$$

$$Q\,(\text{mol.e}^-) = \frac{I(A) \times t(s)}{96500} \Rightarrow 0.08 = \frac{I \times [(2 \times 3600)] + 520}{96500}$$

$$I(A) = \frac{0.08 \times 96500}{7720} = \frac{7720}{7720} = 1(A)$$

**4 - 35 (أسئلة الفصل)** أراد أحد الصاغة طلاء خاتم بالذهب فأمرر تيار كهربائي شدته 10A في خلية الطلاء الكهربائي تحتوي على أحد أملاح الذهب فترسب الذهب على الخاتم، ولوحظ أنه خلال 9.65s أن 75% من الكهربائية قد استهلك لترسيب الذهب فما كتلة الذهب المترسب؟ الكتلة الذرية للذهب = 197.

**الحل/**

$$Q\,(\text{mol.e}^-) = \frac{I(A) \times t(s)}{96500} = \frac{10 \times 9.65}{9650000} = 0.001\ \text{mol. e}$$

$$Q\,(\text{mol.e}^-)\ \text{المستخدمة لترسيب الذهب} = Q\ \text{الكلية} \times 0.75$$

$$Au^{+3} + 3e^- \rightarrow Au$$

$$= 0.001 \times 0.75$$

$$Q\,(\text{mol.e}^-) = 0.00075\ \text{mol.e}^-$$

$$Q = n\,Au\ \text{مترسب من} \times 3$$

$$0.00075 = \frac{m(g)}{197} \times 3 \Rightarrow m(g) = \frac{197 \times 0.00075}{3}$$

$$M = 0.049\ g \Rightarrow M = 0.05\ g$$

**4 - 36 (أسئلة الفصل)** عند إمرار $0.2\ mol.\ e^-$ في محلول كبريتات النحاس وبعد ترسيب جميع النحاس تحرر $0.448L$ من الهيدروجين في STP. احسب كتلة النحاس المترسبة؟ الكتلة الذرية للنحاس = 63.

**الحل /**

نستخرج عدد مولات $H_2$ المتحررة

$$n\,H_2 = \frac{V_{L\,(S.T.P)}}{22.4L}$$

$n\,H_2$ عدد مولات متحررة $= \frac{0.448L}{22.4L} = 0.02\ mole$

نستخرج Q اللازمة لتحرر $H_2$

$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$

$Q\,H_2$ اللازمة لتحرر $= nH_2$ متحرر × عدد مولات $e^-$ المكتسبة

$Q\,H_2$ اللازمة لتحرر $= 0.02 \times 2$

$Q\,H_2$ اللازمة لتحرر $= 0.04\ mol.\ e^-$

نستخرج Q اللازمة لترسيب Cu من خلال القانون الآتي

$Q\,Cu$ اللازمة لترسب $= Q$ كلية للخلية $- Q\,H_2$ لتحرر

$Q\,Cu$ ترسب $= 0.20 - 0.04$

$Q\,Cu$ ترسب $= 0.16\ mol.e^-$

$Q\,Cu$ اللازمة لترسب $= \frac{m}{M} \times$ عدد مولات $e^-$ المكتسبة عند الكاثود

$$0.16 = \frac{m}{63} \times 2$$

$$m = \frac{63 \times 0.16}{2}$$

$$m = 63 \times 0.08$$

$m\,Cu$ ترسب $= 5.04\ g$

**4 - 38 (أسئلة الفصل) في خلية تحليل الماء كهربائياً في STP ثم إمرار تيار كهربائي لمدة 3 دقائق و13 ثانية فتحرر غازي $H_2$ و$O_2$ عند قطبي الخلية وكان مجموع حجمي الغازين المتحررين 0.0672 L. أكتب معادلتي نصفي الخلية والتفاعل العام لها. ثم جد حجم كل غاز متحرر وشدة التيار المار.**

$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$     anode أنود (تأكسد)

$4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2$     cathode كاثود (اختزال)

بالجمع

---

$2H_2O \rightarrow O_2 + 2H_2$     التفاعل العام للخلية

نفرض حجم $O_2$ المتحرر = y

∴ حجم $H_2$ المتحرر = 2y

$V_{H2} + V_{O2} = 0.0672$

$2y + y = 0.0672 \Rightarrow 3y = 0.0672 \Rightarrow y = \frac{00672}{3} = 0.0224L$

$V_{O2} = 0.0224L\ ,\ V_{H2} = 2 \times 0.0224 \Rightarrow V_{H2} = 0.0448L$

$Q(mol.e^-) = \frac{VH2 \times \text{عدد مولات } e \text{ المكتسبة}}{22.4L} \Rightarrow Q = \frac{0.0448 \times 2}{22.4} = 0.004\ mol.e^-$

$t(s) = (3 \times 60) + 13 \Rightarrow t(s) = 193\ (s)$

$Q = \frac{I \times t(s)}{96500} \Rightarrow 0.004 = \frac{I \times 193}{96500}$

$I = 0.004 \times 500 \Rightarrow I = 2A$

رحلة التفوق في السادس

عطاءٌ بلا حدود

# البطاريات (النضائد) وخلايا الوقود

**البطارية :** مجموعة من الخلايا الكلفانية المربوطة مع بعضها على التوالي ويكون جهدها مساوياً لمجموع جهود الخلايا المتكونة منها.



* تصنف البطاريات إلى نوعين :

أ- بطاريات أولية ولا يمكن إعادة شحنها.

ب- بطاريات ثانوية ويمكن إعادة شحنها.

**١- بطارية الخزن الرصاصية :** تستعمل في تشغيل السيارة وكثير من المعدات الكهربائية والصناعية وتتكون من مجموعة خلايا رصاصية جهد كل خلية أكثر بقليل من (2V).

أما مكونات كل خلية أو بطارية من قطبين :

أ- الانود : مصنوع من مادة الرصاص.

ب- الكاثود : مصنوع من مادة أوكسيد الرصاص.

أما محلول الخلية أو البطارية فهو حامض الكبريتيك والذي كثافته عند شحن البطارية تتراوح بين (1.3 g/ml – 1.2 g/ml) وهذا المحلول يغمر فيه القطبين.

أما تفاعلات الأقطاب فهي :

تأكسد (anode) $$Pb_{(s)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)} \rightarrow Pb\,SO_{4(s)} + 2e^-$$

اختزال(cathode) $$PbO_{2(s)} + 4H^+_{(aq)} + SO_4^{-2}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Pb\,SO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

بالجمع

التفاعل العام $$Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2H_2\,SO_{4\,(l)} \rightarrow 2Pb\,SO_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

**علل /** تنخفض كثافة محلول حامض الكبريتيك عند استمرار عمل الخلية.

**ج/** لأنه يستهلك قسم من حامض الكبريتيك والموجود بشكل متأين فتزداد كمية الماء مما يؤدي إلى انخفاض كثافة الحامض. **س: هل يمكن أعادة شحن بطارية الخزن الرصاصية**

* يمكن إعادة شحن البطارية بإمرار تيار كهربائي خارجي لعكس تفاعل الخلية فتصبح البطارية مجموعة من الخلايا الإلكتروليتية فيفتكك راسب $Pb\ SO_4$ من على القطبين ويعاد إنتاج ($H_2\ SO_4$، $PbO_2$، $Pb$) حيث يستعيد الحامض كثافته أو تركيزه.

## ٢- الخلية الجافة (خارصين – كاربون) :

**الأنـود :** عبارة عن وعاء من الخارصين ويملئ الوعاء بمعجون رطب من ($MnO_2$، كرافيت، كلوريد الامونيوم، $NH_4Cl$، كلوريد الخارصين $ZnCl_2$) حيث تتأكسد ذرات الخارصين عند الانود.

$$Zn_{(s)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow Zn\ (OH)_2 + 2e^-$$

وتنتقل الإلكترونات داخل الخلية بواسطة الكاربون وهو الكاثود حيث تختزل عنده $MnO_2$ بوجود الماء كما في التفاعل الآتي :

$$2MnO_{2(s)} + 2H_2O + 2e^- \rightarrow 2MnO(OH)_{(s)} + 2OH^-$$

بالجمع

$$Zn + 2MnO_2 + 2H_2O \rightarrow Zn(OH)_2 + 2MnO(OH)$$

## مواصفتها :

١- جهدها (1.48V).

٢- غير قابلة للشحن.

٣- تستخدم في أجهزة الراديو والحاسوب وغيرها.



**4 – 19** (أسئلة الفصل) مم يتكون أنود وكاثود البطارية الجافة؟ اكتب تفاعلات نصفي الخلية وتفاعلها العام وأهم مميزاتها.

## المفاهيـم الأساسيـة :

**التأكسد Oxidation :**

عبارة عن تغير كيميائي يصحبه فقدان في الإلكترونات من ذرة أو مجموعة من الذرات ويؤدي لزيادة في أعداد التأكسد.

**الاختزال Reduction :**

عبارة عن تغير كيميائي تكتسب فيه الذرة أو مجموعة من الذرات إلكترونات يصاحبها نقصان في عدد التأكسد للعنصر.

**العامل المختزل Reduction Agent :**

المادة التي تتأكسد وتسبب اختزالاً لمادة أخرى.

**العامل المؤكسد Oxidizing Agent :**

المادة التي تختزل وتسبب تأكسد مادة أخرى.

رحلة التفوق في السادس

عطاءٌ بلا حدود

**الانود Anode :**

هو القطب الذي تجري عنده عملية الأكسدة والذي يكون مصدراً للإلكترونات.

**الكاثود Cathode :**

هو القطب الذي تجري عنده عملية الاختزال والذي تتحول إليه الإلكترونات المنتقلة من الانود.

**الخلايا الكهروكيميائية Electrochemical cells :**

تتكون الخلية الكهروكيميائية عادة من قطبين يسمى أحدهما القطب الموجب أو الانود، أما القطب الثاني فهو القطب السالب ويدعى بالكاثود ويكون كلا القطبين مغمورين في محلول الكتروليتي تشترك مكوناته في تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تجري على سطحي القطبين.

**الخلايا الكفانية Galvanic cells :**

هي تلك الخلايا التي تتحول فيها الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية من خلال تفاعل كيميائي يجري تلقائياً، لتوليد تيار كهربائي وتسمى مثل هذه الخلايا بالخلايا الكلفانية أو الفولتائية.

**الخلايا الالإلكتروليتية Electrolyte cells :**

هي الخلايا المستهلكة للتيار الكهربائي وفيها تتحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة كيميائية وتجري تفاعلاتها بشكل غير تلقائي ولها تطبيقات مهمة في الصناعة، تستخدم خلايا التحليل الكهربائي في تنقية الفلزات وفي عملية الطلاء الكهربائي.

**القوة الدافعة الكهربائية للخلية Electromotive force :**

يرمز له بالرمز (emf) يسمى الجهد عبر الاقطاب في الخلية الكلفانية بجهد الخلية ويرمز له بالرمز ($E_{cell}$) ويسمى جهد الخلية بمصطلح شائع آخر للقوة الدافعة الكهربائية للخلية وبالرغم من دلالة الاسم فهو مقياس للجهد وليس للقوة.

**معادلة نيرنست Nernest equation :**

هي العلاقة التي تربط جهد الخلية غير القياسي ($E_{cell}$) مع حهد الخلية القياسي($E^0_{cell}$)، عندما يكوت أحد أو جميع الماد المشاركة ذات تراكيز لا تساوي الواحد الصحيح وفي درجات حرارية مختلفة.

## أسئلة الفصل الرابع

**٤ - ٢** احسب ثابت فارادي وبين وحداته.

**الحل:**

$F = N_A \text{ mol}^{-1} \times e^- (c)$

$= 6.023 \times 10^{23} \times 1.6 \times 10^{-19}$

$= 96487$ c/mol

$= 96500$ في الحسابات الكيميائية (c/mol)

**٤ - ٣** أي المواد في الأزواج التالية هو الأفضل كعامل مؤكسد تحت الظروف القياسية. إذا علمت أن جهود الاختزال القياسية $E°_{Br2/Br} = +1.07V$ و $E_{Au^{+3}/Au} = +1.50V$ و $E_{Cd^{+2}/Cd} = -0.40V$ و $E_{Cr3/Cr} = -0.74V$ . $E_{Ag^{+}/Ag} = 0.8\ V$ و

أ) $Br_2$ أم $Au^{+3}$.

ب) $H_2$ أم $Ag^{+}$.

جـ) $Cd^{+2}$ أم $Cr^{+3}$.

**الحل:** أ ) $Au^{+3}$ لأن جهد اختزاله القياسي أكبر.

ب) $Ag^{+}$. لأن جهد اختزاله القياسي أكبر

جـ) $Cd^{+2}$ لأن جهد اختزاله القياسي أكبر

س ٤ / أكتب العلاقة التي تربط $\Delta G°$ مع $K_{eq}$ مع $E_{cell}$

$$\Delta G° = -RT \ In\ K_{eq}\ ,\ \Delta G° = -\ nE°F$$

$$\therefore -RT\ m\ K_{eq} = -nE°F$$

$$E° = \frac{RT}{nF} In\ K_{eq}$$

حيث :

$8.314\ j/k.\ mol = R$ — n = عدد مولات الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة

$96500\ c/mol = F$ ثابت فراداي — E° = جهد الخلية القياسي.

$K_{eq}$ = ثابت الاتزان للتفاعل العام للخلية.

# مساعد الطالب في الكيمياء من رحلة التفوق في السادس

## اعداد الاستاذ المبدع احمد النداوي




## الأسئلة الكلامية. المختصر المفيد. الواجبات البيتيه.

رحلة التفوق في السادس كل مايحتاجه الطالب

للتواصل معنا عبر مواقع التواصل الاجتماعي